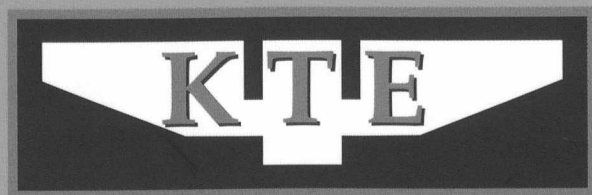


2012. h. sz.

LXII. ÉVFOLYAM 4. SZÁM
2012. AUGUSZTUS

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN



HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.



2013-tól külföldi hallgatókat is fogad a HungaroControl légi navigációs akadémiaja

Csaknem százszoros a túljelentkezés az irányítói alapképzésre

2012. július 6-án átvette diplomáját a magyar légiforgalmi irányítók legújabb generációjának első csapata, amelyet a HungaroControl és az Entry Point North által tavaly alapított Entry Point Central légiforgalmi irányító akadémián képeztek ki a világ élvonalába tartozó skandináv képzési program alapján. Idén 1058-an nyújtották be felvételi kérelmüket a képzésre, ami a 12 fős keretlétszámhoz viszonyítva csaknem százszoros túljelentkezést mutat. A Közép-Európában egyedülálló akadémia 2013-tól más országokból érkező hallgatók előtt is megnyitja kapuit.

2011-ben Entry Point Central néven közös légi navigációs akadémiát nyitott Budapesten a HungaroControl, valamint a svéd, dán és norvég légiforgalmi szolgálat oktató központja, az Entry Point North. A skandináv képzés szakmai tartalmát és pedagógiai módszerét tekintve egyaránt világszínvonalú minőséget képvisel. A budapesti Entry Point Central (EPC) ugyanezt a versenyképes tudást, jól működő oktatási formát és magas nemzetközi presztízsű végzettséget biztosítja a magyar légiforgalmi irányítók következő generációinak. A korábbi képzési rendszerhez képest újdonság, hogy a hallgatók már az oktatás korai szakaszától gyakorlati ismereteket szerezhetnek, hiszen a képzés 5. hetétől használják az EPC szimulátorát, valamint a Wizz Airrel meglévő együttműködés keretében a légitársaság gyakorlórepülésre viszi az akadémia hallgatóit, ahol „élesben” figyelhetik meg a pilótakabinban zajló eseményeket. Az angol nyelvű képzés teljes mértékben megfelel a légiforgalmi irányítás európai csúcsszervezete, az EUROCONTROL előírásainak, így a légiforgalmi akadémia 2013-tól más országok előtt is megnyitja kapuit.

2012. július 6-án ünnepélyes keretek között vehette át diplomáját az első végzős évfolyam. Az EPC által kiállított igazolás alapján a HungaroControl a Légiközlekedési Hatóságnál megkéri részükre a gyakorlonoki szakszolgálati engedélyt. A gyakorlonokok az alapképzést követően a HungaroControlnál folytatják tanulmányaikat további 12 hónapig, majd az átmeneti- és munkahelyi gyakorlati képzés sikeres teljesítése után légiforgalmi irányítói szakszolgálati engedélyt szereznek.

A HungaroControl Zrt. 2012-ben 1058 pályázatot dolgozott fel a légiforgalmi irányító hallgatói jelentkezésekből. Az úgynevezett FEAST (First European Air Traffic Controller Selection Test) teszt kitöltését, az orvosi és pszichológiai vizsgálatokat, valamint az Assessment Centerben zajló kiválasztási folyamatot követően a legjobb 15-16 főt hívják be végső interjúra, akik közül 12-en kezdhetik meg a légiforgalmi akadémia (EPC) alapképzését.

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RUNDschau
Zeitschrift des Ungarischen Verein für Verkehrswissenschaft
REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS
Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports
SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT
Publication of the Hungarian Society for Transport Sciences

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Gilicze Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő

Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
Dr. Ivány Árpád
Horváth Lajos
Kalmár Koppány
Mészáros Tibor
Pálfi Antal

Dr. Prileszky István
Saslics Elemér
Szécsey István
Szűcs Lajos

Dr. Tanczos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR:
Ráczné dr. Kovács Ágnes
Tel./Fax: 353-2005, 353-0562
E-mail: szemle@ktenet.hu

SZERKESZTŐSÉG:
1055 Budapest, Kossuth L. tér 6-8. IV. 419.

FELELŐS KIADÓ:
Dr. Tóth János,
a Közlekedéstudományi Egyesület főtitkára

KIADJA:
Közlekedéstudományi Egyesület
1055 Budapest, Kossuth L. tér 6-8. IV. 419.

MEGBÍZOTT KIADÓ:
Press GT Kft.
1139 Budapest, Úteg u. 49.
Tel.: 349-6135
E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:
Press+Print Kft.
Felelős nyomdavezető: Tóth Imre

TERJESZTŐ:
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél
Egy szám ára: 1380 Ft, Éves előfizetés: 8280 Ft
Egyéni KTE tagoknak: 1410 Ft

ISSN 0023 4362

A Közlekedéstudományi Szemlét vagy annak
részleteit a Szerkesztőbizottság írásos engedélye nélkül
bármilyen formában reprodukálni és közölni tilos.

A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik
a szerkesztőség véleményével.
Kéziratot nem őrzünk meg.

A lap egyes számai megvásárolhatók
a Közlekedéstudományi Egyesület Titkárságán
(1055 Budapest, Kossuth L. tér 6-8. IV. 419.),

TARTALOM



2012 AUG 27.

Dr. Ercsey Zoltán – Kisteleki

Mihály – Vincze Tamás

LASSÚJELEK – és ami mögöttük van 4

Markovits-Somogyi Rita

Fuvarozóvállalatok hatékonyságvizsgálata

burkolófelület-elemzés

alkalmazásával 23

Soltész Tamás

Övezetekre bontott közúti hálózat

járműsűrűségének szabályozása 30

Kózel Miklós

A közösségi közlekedés előnyben

részesítési eszközeinek hatékony

kombinálási lehetőségei 37

Dr. Péter Tamás – Szabó Krisztián

Új hálózati modell, nagyméretű légiforgalmi

hálózatok vizsgálatára 46

Dr. Szalay Zsolt – Dr. Gáspár Péter

– Kánya Zoltán – Nagy Dávid

Oktatási és kutatási célra egyaránt

alkalmas járműszimulátor fejlesztése

a Műegyetemen 54

Varga Károly

A 100-éves debreceni villamos 61

Könyvismertető 65

LASSÚJELEK – és ami mögöttük van

A vasútvonalakon műszaki okok miatt, kényszerűen alkalmazott ún. lassújelek olyanok, mint az emberi szervezet betegségei, amelyeknek kezelése, gyógyításának elmaradása az érintett személy egészségi állapotának romlásához, legrosszabb esetben halálához vezet. Tekintettel a vasútvonalak élettelen jellegére a hatás nem ilyen tragikus, de ettől még az összehasonlítás megállja a helyét.

A tanulmány szerzői alapos vizsgálatok és az azt követő kóris-me alapján javaslatokat tesznek a magyar vasút meggyógyítására, amelyeknek figyelembevétele, felhasználása több mint indokolt, mert ellenkező esetben....

Dr. Ercsey Zoltán

– Kisteleki Mihály – Vincze Tamás

e-mail: info@e4.hu, kisteleki@mav.hu;

vincze2t@t-online.hu

1. BEVEZETÉS

A vasúti pályának azt a részét, ahol a vonatok csökkentett sebességgel közlekedhetnek jelzéssel látják el, innen származik a vasutas szaksargon célszerű rövid kifejezése: „lassújel”. Lassabban haladunk tehát, de mihez képest? A pálya kiépítési sebessége az a bázis, amelyhez viszonyítva a lassújelet értelmezhetjük. A kiépítési sebesség és a lokálisan bevezetett sebességkorlátozások adják a pályára engedélyezett sebességet, amely abszolút módon behatárolja a vonatok sebességét. Adott vonatonál a menetrendben előírt alapsebesség a mérvadó, amely kisebb vagy egyenlő a pályára engedélyezett sebességgel. A vonatok tényleges menetsebessége számos további műszaki és menetrendi korlátozástól függ. A személyforgalomban a sebességkorlátozások jelentik a mértékadó határértéket. A lassújelek számának növekedése miatt napjainkban a vonatok menettartama jelentősen növekszik, például az egyik legsűrűbb forgalmú Budapest–Miskolc vonalon. (ld. 3. táblázat)

A Magyar Államvasutak pályáinak állapota az 1980-as évektől kezdődően mérsékelten, majd egyre gyorsuló mértékben romlik. Kialakult az a

gyakorlat, hogy a MÁV pályafelügyeleti és fenntartási szolgálata a pályát ügyszólván csak felügyeli, havária esetén helyreállítja, de tervszerű karbantartási munkát nem végez. A következmény: a hálózat felén nem lehet a kiépítési sebességgel közlekedni.

A jelen tanulmányban azt vizsgáljuk és példák segítségével bemutatjuk, hogy a lassújelek felszámolásával a MÁV egyes vonalain mekkora költségmegtakarítás érhető el, és a szolgáltatás színvonala miként javulna.

A legfontosabb vasúti fővonalaink felújítása Európai Unió támogatással folyik. A KözOP (Közlekedési Operatív Program) 2015-ig megvalósítható minősített programjában szereplő vonalakon számos avult felépítményű, lassújelekkel tarkított rész található, amelyek felújítása remélhetően megtörténik. Sajnos az a tapasztalat, hogy az avult felépítmény cseréjét nem végzik időarányos mértékben. A műszaki állapot megtartásához legalább évi 200 kilométer felépítménycsere szükséges. Az utóbbi két évtizedben viszont átlag 25 km/év realizálódott.

Néhány általános megállapítás a magyar vasúti hálózatról:

A magyar vasút jelenlegi hálózata mintegy 7000 menetrendi kilométer. A hálózat mérete megfelelő, hosszának bővítése rövid távon nem időszerű (az európai nagysebességű hálózat ma még messze van). Ha feltételezzük, hogy a nagyobb műszaki

igényű hálózat mindössze 6000 km (a törzshálózati és fővonalak, valamint a fontosabb, „életképes” mellékvonalak), eljutunk ahhoz a következtetéshez, hogy a magyar vasúti pálya műszaki színvonalának szinten tartásához szükséges időarányos (legalább 30 évenként esedékes) felújítását, a kor igényeinek megfelelő modernizálását folyamatosan végezve 6000/30, azaz mintegy 200 (menetrendi) kilométer évenkénti folyamatos rehabilitációját kellene elvégezni. A valós helyzet azonban katasztrofális elmaradást mutat. Jelenleg az EU által biztosított támogatásokkal együtt is 60 km alatti az éves felújítási ütem a 2015-ig terjedő programban. (Emiatt szükségesek a lassújelek a hálózat több mint 50%-án!) Alapvető hiba, hogy a MÁV-csoport közép-távú stratégiájában csak a mintegy 3000 km hosszú fővonal szerepel a felújítási tervek között. Így a hálózat több mint felének szinten tartására ma – állami akarat hiányában – nincs lehetőség! A közelítő forrásigény a szükséges 200 km/év korszerűsítési ütemhez évente mintegy 200 milliárd forint lenne, amelynek döntő hányadát az EU-s forrásokból lehetne fedezni. Ezt a munkát azonban hosszú távon folyamatosan kell végezni. A program fontos eleme, hogy azonos hosszban egyszerre kell fővonalat és mellékvonalat felújítani, így a „lépcsőzetes singazdálkodás” közvetlenül megvalósítható. A fővonalakból kiépített, használt anyagok a kisebb sebességre alkalmas, egyben kisebb terhelésű mellékvonalakon még sok évtizedig megfelelnek a követelményeknek. A fővonalai ár mintegy 20%-ából további azonos vágányhossz felújítása lenne lehetséges. (Tájékoztatásul egy újsághír: A dán vasút 10 éves infrastruktúra-felújítási tervet készített 17,2 milliárd dollár – kb. 3500 milliárd Ft – értékben. A dán vasút hálózatának hossza 2323 km, tehát a program szerint a jó minőségű dán vasúton 1,5 milliárd forintot terveznek fejűjtásra kilométerenként!)

Fenti megfontolások alapján tanulmányunk során figyelmünket elsősorban mégis az európai programból kimaradó, többi országos és regio-

nális jelentőségű törzshálózati vonalra fordítjuk, mert ezekre az utóbbi időben – nyilván forráshiány miatt – semmiféle felújítási program nem készült. Mivel ezeken a vonalakon felépítménycserés korszerűsítésre nem látszik lehetőség, javaslatunkkal a lényegesen kisebb pályajavítási költségkeret hatékony felhasználását kívánjuk elősegíteni.

A lassújelek megszüntetése révén költségcsökkentés érhető el. Azon túlmenően tehát, hogy a vasúti pályák jó karbantartása és a közlekedési operátorok számára rendelkezésre bocsátása állami feladat, a lassújelek megszüntetéséből eredő haszon a vasút költségvetési támogatási igényét is csökkenti. Az alábbiakban a költségcsökkentés lehetséges forrásait tekintjük át. A lehetséges jelzőt azért használjuk, mert a vasúti üzemkötség sokféle hatás erejéigént áll elő, és az eltérő üzemi szituációkban nagyon is eltérő megoldásokkal lehet azt csökkenteni. Az ilyen jellegű intézkedések azonban nem csak a technikai és forgalmi lehetőségektől, hanem emberi tényezőktől is függnék.

2. A LASSÚJELEK ÁLTAL OKOZOTT TÖBBLET-ENERGIAFOGYASZTÁS

A lassújel a vonat megszokott menetéhez képest zavart okoz, mert a vonatot egyébként szükségtelen fékezésre kényszeríti, így a továbbításhoz szükséges mechanikai munka nő. A növekmény bizonyos korrekciókkal arányos a vonat tömegével és a fékezési kezdő-, ill. végsebesség négyzetének különbségével. A vontatási mechanika és energetika szabályait alkalmazva kiszámítható, és az 1. és 2. táblázatban a vontatójárművek általános hatásfokát figyelembe véve megadjuk, hogy egy szinguláris lassújel 100 t vontatótömegre vetítve közelítőleg mekkora többlet-energiaköltséget okoz. (Az energiahordozók nettó átlagárát vettük figyelembe, 1 liter gázolaj 180 Ft és 1 kWh villamos energia 25 Ft.) A táblázatok adatainak számítása során feltételeztük, hogy a fékezési energiavesztés csökkentésére bevált módszereket (a vonatok

1. táblázat: A lassújelek által okozott várható energiaköltség dizelvontatásnál, 100 t vontatótömegre vetítve (Ft)

Alapsebesség (km/h)	40	60	80	100	120
Sebességkorlátozás (km/h)					
20	59	165	314	505	738
40	-	86	235	426	661
60	-	-	103	295	529
80	-	-	-	111	345
100	-	-	-	-	109

2. táblázat: A lassújelek által okozott várható energiaköltség villamos vontatásnál, 100 t vonattömegre vetítve (Ft)

Alapsebesség (km/h)	40	60	80	100	120	140	160
Sebességkorlátozás (km/h)							
20	28	78	148	239	349	480	631
40	-	41	111	201	317	443	594
60	-	-	49	139	251	381	532
80	-	-	-	53	103	294	445
100	-	-	-	-	52	182	333
120	-	-	-	-	-	46	197
140	-	-	-	-	-	-	33

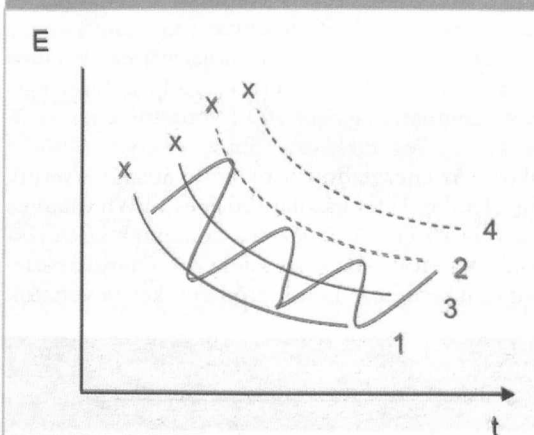
Megjegyzés: Az energiavisszatápláló fékezésre alkalmas vontatójárműveknél a 2. táblázatban megadott érték 30-90%-a veendő figyelembe.

ún. kifuttatását) a mozdonyvezetők szakszerűen alkalmazzák, így lassításonként „3 s” többletidő árán jelentősen csökkentik az energiafelhasználást. Az 1. és 2. táblázat, valamint az adott pályaszakaszon közlekedő vonatok adataiból az egy-egy lassújel által okozott energia-többletköltség jó közelítéssel kiszámítható.

A sebességkorlátozások okozta többlet-energiafogyasztást a közelmúltban is több tanulmányban és prezentációban taglalták, és ezekben általában jelentős energiamegtakarítási

lehetőséget publikálnak[1]. Példaként bemutatják, hogy a sárvári Rába-hídon egyetlen lassújel miatt 1994-ben, az akkori forgalmi viszonyok között, még dízelvontatás mellett évi 5,7 millió Ft energiaköltség növekedés keletkezett. (Ez 2011. évi áron 171 millió Ft lenne.) Az ismertetett további példák is azt mutatják, hogy ha nagy sebességről történik a fékezés, jelentős energiavesztés keletkezik. A 120 km/h vagy a még nagyobb sebességű pályák tehát különösen érzékenyek a lassújelekre, ezeket érdemes kiemelten kezelni, és az előforduló lassújeleket mielőbb megszüntetni (ld. 1. ábra).

1. ábra: A menetidő és a vontatási energiafogyasztás általános összefüggése



Az ábrán:

E: energiafogyasztás, kWh

t: menetidő, perc

1: nagyobb sebességű pálya, lassújelek nélkül

2: nagyobb sebességű pálya, lassújelekkel

3: kisebb sebességű pálya, lassújelek nélkül

4: kisebb sebességű pálya, lassújelekkel

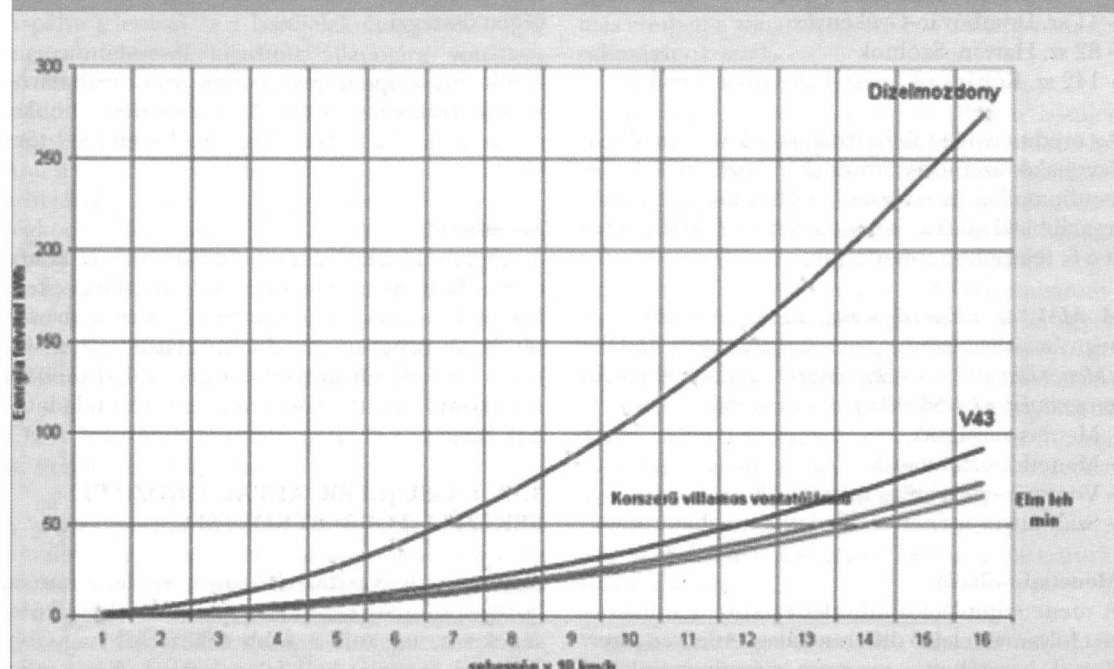
x. legrövidebb menetidők (a görbék baloldali csúcspontja)

Hosszabb vonalszakaszon a lassújelek megszüntetésétől várható eredmény döntő mértékben a konkrét vontatójárműtől és az adott vonalszakasz üzemi viszonyaitól függ. Ezek:

- A vonat alapsebessége.
- A vontatójármű átlagos üzemi hatásfoka egyenletes menet, illetve gyorsítás közben.
- A vontatójármű hatásfoka, ha megvan a lehetősége, energiavisszatápláló fékezés közben.
- A pálya emelkedési és ívviszonyai.
- A lassújel környezetében a vonat egyébként is megáll-e (például utasforgalmi okból), vagy teljes sebességgel haladna?
- Végül pedig attól, hogy milyen mértékű menetidő-tartalék áll rendelkezésre. Ettől függ ugyanis, hogy van-e lehetőség a fékezési munkavesztésnek a vonat kifuttatásával való csökkentésére, és hogy a továbbiakban a vonat erőltetett menetben közlekedik-e?

Szélsőséges üzemi helyzeteket nem tekintve érvényes az ökölszabály, hogy egy adott vonatnál: „rövidebb menetidő → nagyobb energiafogyasztás” (ld.

2. ábra: Felgyorsítási energiaigény klf. korszerűségi vontatójármű-típusok esetén 240 tonna tömegű vonatra



2. ábra). Amennyiben a tervezett menetidőt lassújel növeli, a késés megszüntetése csak nagyobb energiafogyasztás árán lehetséges. A menetidő megválasztásában azonban az energiafogyasztás csökkentésének szempontja mégsem elsődleges, mert, mint arra a későbbiekben kitérünk, az ésszerűen rövid menetidő a vasúti szolgáltatóknak és a szolgáltatást igénybe vevőknek egyaránt érdeke.

A vasúti pálya karbantartási és felújítási hiányosságai miatt növekvő számú lassújelek megállapításánál a Pályafenntartási Üzletág kétféle irányelvet követ.

– Amint egyre több lassújelet tűznek ki, és a pályafelügyelet objektív mérésel is megállapítja, hogy a pálya általános állapota leromlott, hosszabb vonalszakaszra, sőt egész vonalakra általános sebességhatározást vezetnek be. Ez a gőzvontatás időszakában a vontatójárművek korlátozott teljesítménye miatt indokolt eljárás volt, de még ma is – a hagyományos gondolkozás tovább él – gyakran alkalmazott elv. Nem ritka hivatkozás az sem, hogy a sebesség csökkentésével a még viszonylag jó állapotú pályaszakaszok romlását késleltethetik („preventív lassújel”). Végeredményben a vonatok sebessége csökken, ennek minden káros következményével, (ld. a

4. és 5. pontban részletezve), azonban lehet, hogy az energiafogyasztás nem növekszik, sőt „kedvezőbbé” válik.

– A korszerű vontatójárművek nagy gyorsító képességét kihasználva mód van arra, hogy a nagyobb sebességgel járható szakaszokon a közelben levő lassújelek ellenére a köztes szakaszokon a vonat felgyorsíthat. Amennyiben a sebességkorlátozásokat csak a valóban hibás pályaszakaszokon vezetik be, és a vonat ezt kihasználja, menetidő szempontjából kedvezőbb helyzet áll elő, viszont a gyakori fékezések miatt az energiafogyasztás jelentősen megnőhet. A növekmény attól is függ, hogy milyen energiavisszatáplálási lehetőség van a vontatójárművön, és a tápláló hálózat műszakilag alkalmas-e a fordított irányban áramló villamos energia fogadására. A fékezési energia jelentős arányú visszatáplálására csak a több hajtott kerékpárral épült, új villamos motorvonatok képesek.

A lassújelek felszámolásával elérhető energiamegtakarítást tehát számos tényező befolyásolja, és ezek kisebb-nagyobb mértékben alakítják a várható eredményt. Mindezekből következik, hogy a várható energiamegtakarítás lehető egzakt értéke egy adott vonalszakaszra az ott közlekedő vonatok jellemzői alapján végzett menetidő- és energetikai számítással határozható meg.

Ezen követelmény teljesítésére, a jelenlegi állapotok figyelembevételével az alábbi három vasútvonalra végeztünk összehasonlító számítást, és pedig:

- 41 sz. Dombóvár–Gyékényes
- 82 sz. Hatvan–Szolnok
- 142 sz. Kőbánya-Kispest–Lajosmizse vonalra.

Az eredményeket felhasználjuk a kiválasztott vasútvonalak üzemi viszonyainak elemzésénél. A menetdinamikai és energetikai számítások menetét az alábbiakban, a számítások részletes eredményeit a 6. fejezetben ismertetjük.

A MÁV az időszerű vontatásügyei fejlesztésére és végrehajtásának támogatására kifejlesztette a MeDina (Menet-Dinamika) elnevezésű menetszimulációs programját, a következő fejezetekre osztva:

- Menetszimuláció
- Menetidő-számítások
- Vontatás-energetikai számítások
- Szabványos menetrendi adatok meghatározása

Menetszimuláció

A menetszimulációs művelet eszköze a vonatmenet folyamatát leíró differenciálegyenlet rendszer. Ennek keretében a program másodpercenkénti léptetéssel folyamatosan kiszámítja és leképezi a mozgásjellemzők és erőfolyamatok sorozatát.

Menetidő-számítás

Az adott vonatra előírt menetrendi adatok meghatározása és rögzítése, a menetszimuláció révén a menet részidőinek, az ún. „rövid” és „rendes” menetidő-párosok kiszámítása:

- Rövid menetidő: az adott feltételek mellett, műszakilag elérhető legrövidebb menetidő.
- Rendes menetidő: egy biztonsági pótidőértékkel kibővített menetidő, az UIC (Nemzetközi Vasútegylet) 451-I VS-jelű javaslata szerint. A hivatalos „Menetrend”-ben csak ez utóbbiak szerepelhetnek.

A menetszimulációs program folyamatosan és szigorúan ellenőrzi a mindenhol és mindenkor érvényes sebességkorlátozás betartását, és automatikusan végrehajtja a hozzá tartozó szükséges sebességhelyesbítéseket.

A menetszimuláció pontosan végrehajtja az előírt mértékű kifuttatásokat.

Jelen tanulmányban a szimulációs futtatások eredményeként a különféle változatok összehasonlítására a „rövid” menetidőt adjuk meg

Energetikai számítás

A program a vonóerő és a fékezőerő munkájának elemeit minden állomásközre meghatározza és a végén összegzi.

A tulajdonképpeni energiafogyasztás meghatározása az összegzett vonóerő és fékezőerő munka értékekből a hatásfokok figyelembevételével történik.

Menetrend

A menetrend adatai a menetidő-számítás eredményein alapulnak, beleértve a megállási helyeken kívánt tartózkodási időtartamok meghatározását is. A program eredményadat-tartalma így teljes mértékben megfelel a „szolgálati menetrendkönyv” adattartalom véglegesítési feladatának is.

3. A LASSÚJELEK ÁLTAL OKOZOTT FÉKEZÉSI TÖBBLETKÖLTSÉG

Az energiafogyasztással azonos eredete van a lassújelek miatt keletkező fékezési többletköltségeknek, ugyanis a több fékezéssel nagyobb mozgási energiát kell felemészteni. A ma még többségben levő súrlódásos fékeknél a többletfékezések miatt intenzívebben kopnak a féktuskók, a kerékabroncsok, illetve a fékbetétek és a féktárcsák, így ezek gyakoribb cseréjére van szükség. Elvileg a fékrudazatok mozgó, súrlódó alkatrészei is jobban kopnak, de ez ebből adódó javítási többletköltség nem kimutatható, és valószínű mértéke miatt elhanyagolható.

Az öntöttvas féktuskók kopására vonatkozóan rendelkezünk kísérleti eredményekkel [2], amelyek szerint egy hagyományos féktuskó a szokásos üzemi viszonyok között, a féktuskónyomástól függetlenül 1 kWh energia felemésztése közben 13 g tömeget veszít, következésként egy féktuskó 470 kWh munka felemésztésére képes. A féktuskó ára és cseréjének munkadíja 1800 Ft költséggel jár, így a hagyományos fékezésű vonatknál, átlagos üzemi viszonyok között 3,8 Ft/kWh fajlagos féktuskóköltség adódik. Energetikai számításaink a fékezési energiavesztés értékeit is eredményül adják, ezek alapján meghatároztuk a fékezés többletköltségét, amely tehát az energiaköltség 5-15%-a. A korszerű vontatójárművek hidrodinamikus és elektrodinamikus fékrendszereinél a féküzem költsége nem különíthető el, de a tuskós fékezés költségének töredéke, ezért elhanyagolható.

4. A LASSÚJELEK HATÁSA A MENETIDŐRE ÉS ANNAK KÖVETKEZMÉNYEI

A pálya jelenlegi és a lassújelek ésszerű mértékű megszüntetésével kijavított állapotára vonatkozó menetidő- és energetikai számítások menetidőadatai összehasonlíthatók, illetve kiadódik a két végállomás között elérhető idő-megtakarítás. Amennyiben számottevő menetidő-csökkentés érhető el, – márpedig, ha egy vonalon sok sebességkorlátozást oldanak fel, akkor ez várható – új, az utasok számára előnyös, a vasút számára pedig gazdaságosabb menetrend kialakítása válik lehetővé. A rövidebb menetidő révén a vasúti üzembelen elérhető megtakarítások egy része kézenfekvőnek tűnik, más része ún. rejtett tartalék.

4.1. A lassújelek hatása a pálya kapacitására és az ütemes menetrendre

A pályakapacitás régebbi definíciója szerint a vonalon vagy egy vasúti csomóponton naponta közlekedtethető vonatok abszolút mennyiségét számították ki. A kapacitás elméleti mérőszámát gyakorlati tapasztalatok alapján a kapacitáskihasználás fogalmával korrigálták. Ez az eljárás a kevésbé kötött menetrend szerint közlekedő tehervonatok korszakában volt megfelelő. Napjainkban, a korszerű, ütemes menetrendre alapozott üzemi viszonyok között a pályakapacitás kérdése úgy fogalmazható meg, hogy az adott vonalon milyen sűrűségű ütemes személy- és ahhoz illesztett tehervonati közlekedés valósítható meg. Újabban a kapacitást a naponta közlekedtethető vonatok helyett rövidebb időtartamra, például csúcsforgalmi időszakokra vonatkozóan is elemzik.

Az adott pályaszakasz vagy vágányút-kapacitás számításának alapja a vonatok által okozott foglaltsági idő. A lassújelek által megnövekedő menetidő egyértelműen a kapacitás csökkenését okozza. Amennyiben a vonalon a forgalmi igényekhez képest egyébként is szűkös kapacitás áll rendelkezésre, enyhébb esetben a forgalom zavarérzékenysége növekszik (további késések), súlyosabb esetben az optimálisnál kevesebb vonat közlekedhet. A MÁV hálózatan szűk kapacitás jellemzően:

- a budapesti nagy pályaudvarokhoz kapcsolódó első-második állomásközből,
- a nagyobb forgalmú egyvágányú pályaszakaszokon, például elővárosi forgalomban és IC vonatok vonatalkotási pontjainál,
- a nagy állomások összefonódó vágányújtáin található.

Nem szorul külön bizonyításra, hogy ezeken a helyeken a megnövekvő foglaltsági idők vagy a tervezhető vonatok mennyiségét csökkentik, vagy más esetben a vonatok egyébként szükségtelen várakozását okozzák.

Az ütemes menetrend szempontjából a lassújel vagy közömbös, vagy pedig kifejezetten káros lehet, aszerint, hogy az egyes állomások között alkalmazható menetidőkből hogyan építhető fel az ütemes menetrend rendszeres vonattalalkotási és csatlakozási szisztémája. Arra is ismerünk példát, hogy a menetrendszerkesztő, mintegy kompromisszumként, a kedvezőtlenül nagy foglaltsági időket egyes vonatoknál a megállók kihagyásával ellensúlyozza. Ilyen helyzet tapasztalható például a 71. menetrendi sorszámú vonalon. A lassújelek különösen káros hatása akkor jelentkezik, ha az érvényes ütemes menetrend az utólag bevezetett 20-40 km/h sebességkorlátozások miatt ellehetetlenül.

4.2. A hosszabb menetidő hatása a járművek kihasználására

A meghosszabbodó menetidők káros következményeit számos vonatkozásban említettük. A legnagyobb többletköltség akkor jelentkezik, ha a meghosszabbodó menetidő folytán az adott forgalom lebonyolításához további szerelvényekre van szükség. Menetrendünk a hálózat jelentős részén ma már ütemes jellegű. Fordított okfejtéssel: ha a lassújelek feloldásával sikerül szerelvény(ek)e)t kiváltani, tetemes megtakarítás érhető el. Egy vonatszerelvény szolgálatba állításának költsége az alábbi részekből áll:

- a járművek amortizációja,
- a szerelvény fűtése, világítása,
- a járművek javítása, kivéve a járművek futásával arányos javítási költségeket,
- a járművek műszaki felügyeletének költségei,
- a szerelvényen szolgálatot teljesítő utazó személyzet bér- és járulékos költségei.

Egy-egy szerelvény megtakarításához természetesen nagyobb menetidő-csökkentés szükséges, ami csak hosszabb pályaszakasz megjavításával és kedvező menetrendi adottságok mellett realizálható.

A vonatok fűtésének, légkondicionálásának és világításának költsége is akkor csökken számottevően, ha a forgalmat kevesebb szerelvényvel bonyolítják le. Két vonat közötti várakozási idő alatt napközben a szerelvényeket az előfűtés szabályai szerint általában fűtve tartják. Magyarország éghajlati viszonyai

3. táblázat: Express-IC vonat menetidők egyes MÁV fővonalakon

Viszonylat	Menetrendi sorszám	Bázis év	Menetidő anno /p/	Menetidő 2012 /p/	Változás /p/
Budapest-Keszthely	30	1981	165	171	+6
Budapest-Pécs	40	1991	155	165	+10
Budapest-Gyékényes	41	1981	240	267	+27
Budapest-Miskolc	80	1968	112	122	+10
Bp-Miskolc-Nyíregyháza	80	1968	176	184	+8
Budapest-Szolnok	120a	1939!	73	82	+9
Budapest-Kelebia	150	1981	157	158	+1

között a 180 napos fűtési időszakban +3,5 °C környezeti hőmérséklet jellemző, ennek megfelelően egy Bhv vagy hasonló kialakítású személykocsi fűtési teljesítményigénye az alállomáson mérve átlagosan 14 kW. A légkondicionált járművek hűtésének és szellőztetésének átlagos energiaigénye a nyári szezonban 9 kW. Dízelvontatásnál a motor által hajtott generátoros villamos fűtésre kocsinként 2,9 kg/h gázolajfogyasztás számíthat. A légkondicionált dízelmotorvonatoknál (6341 és 6342 sorozat) a kétrészes egység hűtése átlagosan óránként 3,8 kg gázolajjal működik.

4.3 A hosszabb menetidő hatása az utazó személyzet szolgálati idejére

Avonatok csökkenő menettartama általában csökkenti az utazó szolgálatot teljesítő munkaidejét; ennek közvetlen hatása csak abban az esetben egyértelmű, ha releváns időmegtakarítás keletkezik, amely a személyzetfordulók átalakításához szükséges mértéket eléri. A csak néhány percnyi időmegtakarítás, szoros forduló esetén, a vonatok közötti időközök kedvezően megnövelheti. Ez utóbbi esetben némi szolgálati időmegtakarítás csak a szolgálat kezdetének és végének módosítása miatt adódhat.

A MÁV-START kerekített adatai szerint egy mozdony/motorvezető munkabére a közterhekkkel, továbbá a kiképzés, orvosi ellenőrzés, stb. költségeinek arányos részével együtt 6000 Ft/óra, míg a jegyvizsgálók bérköltsége 4400 Ft/óra

5. A LASSÚJELEK HATÁSA A VASÚT IMÁZSÁRA

A Magyar Államvasutak által 20-25 évvel ezelőtt biztosított eljutási időket a 2011. évvel összehasonlítva szinte katasztrofális állapot rajzolódik ki, ugyanis a Budapest-Hegyeshalom vonal kivételével (ahol 2011 végén ugyancsak jelentős

sebességkorlátozások léptek életbe!), az összes fővonalunkon növekedtek a menettartamok, (ld. 3. táblázat), miközben egy emberöltő alatt a közúti közlekedés – autópályáink kiépülése folytán – korszakot lépett előre, és konkurenciája egyre nyomasztóbb. Még kritikusabb a helyzet a mellékvonalakon, ahol nem ritkák a 20-30 km/h sebességgel járható vonalak sem.

Az egyéni közlekedés döntő versenylőnye abban van, hogy háztól a célíg tetszőleges időpontban utazhatunk. Ezt az előnyt a vasutak Európa-szerre a rendszeres, gyakori kínálat – ütemes menetrend – és a sebesség növelésével tudják ellensúlyozni. Az ütemes menetrend bevezetésével a MÁV felzárkózott az európai társvasutakhoz, és néhány mellékvonal kivételével a vonatközlekedés gyakorisága megfelel egy közepesen fejlett európai ország indokolt társadalmi elvárásainak. Nem így az eljutási idő, amely sem nemzetközi mércével, sem a konkurencia által nyújtott szolgáltatással összemérve nem elfogadható. A fenti, 3. táblázat egyértelműen mutatja, hogy számos fővonalunkon a 30-40 évvel ezelőtti szintet sem teljesítjük.

Tovább rontja a képet, hogy a pályaállapot romlása miatt egyes fővonalakon megszüntették vagy egy vonatpárra csökkentették a gyorsvonatok közlekedését. Így például a 41-es és 81-es nemzetközi fővonalakon 2011-ben gyakorlatilag mellékvonali szolgáltatás van. Sok mellékvonal teljesen leromlott állapota a vonalak bezárásával járt.

A vasút térvesztésének számos oka közül az egyik markáns, közvetlen ok, hogy a távolsági forgalomban a személygépkocsival való eljutási idő oly annyira kisebb, hogy a közlekedési mód megválasztásának pozíciójában levő közönség nem mérlegeli a vasúti utazás más, számára esetleg kedvező szempontjait sem. Nyilván messze elmaradtunk

a német vasutak szlogenjétől, – „kétszer olyan gyorsan, mint az autó” –, de az autóval legalább azonos sebesség biztosítása nélkül a MÁV-START egyéb sikeres és a közvélemény által elismert erőfeszítései (ütemes menetrend, korszerű motorvonatok, mozgássérültek utazási lehetőségei, internet szolgáltatás, légkondicionálás stb.) nem hozzák meg sem az elvárt üzleti, sem a nemzetgazdasági eredményt.

A lassújeleknek az utasok általi elfogadásánál van egy lélektani küszöb, mert az utasok jelentős része türelmét veszti, ha a vonat sűrűn fékez és „döcög”, még akkor is, ha a menetidőt úgy állapítják meg, hogy ebből késés nem adódik.

A korábbi Európai Unió felmérések szerint (a 2004. évi bővítés előtt 15 EU országban végzett közvélemény kutatás alapján) a mintegy 400 millió lakos 20%-a (közel 80 millió lakos) különböző okok (még fiatal, nincs pénze autóra, egészségi okok miatt nem vezethet, túl idős stb.) miatt nem jut autóhoz. A „kényszerű” közösségi utasok nálunk feltehetően jóval a lakosság lélekszámának 30%-a fölé becsülhetők, ugyanakkor szükséghelyzetükkel való visszaélésnek minősülhet az elfogadhatatlan menetidő. A többi potenciális utasért folytatott piaci küzdelem reménytelenné válik az egyre növekvő menetidők miatt.

Az eleve hosszú menetidőkre ráarakódó vonat-késések által okozott tényleges vasúti és nemzetgazdasági kár, valamint imázsromboló hatás összegeződik.

Összességében a menetidő társadalmi érték, a mobilitás legfőbb tényezője.

Ezt az értéket, az idejüket, a közlekedő emberek a pénzben kifejezett költségeiken felül mobilitásuk érdekében feláldozzák. Nem közömbös azonban, hogy életünknek mekkora hányadát töljük közlekedéssel. Különösen érzékeny terület ebből a szempontból a hivatásforgalom. A közlekedésre fordított idő társadalmi értéke koronként, országonként, társadalmi csoportonként nagy szórást mutat. A MÁV-START közlése szerint hazai viszonyaink között, a rövid távú utazásoknál 1 óra hasznosítható idő egyenértéke, – a MÁV-START szóhasználata szerint közgazdasági hasznossága – 2800 Ft. A rövidebb időtartamú utazással természetesen csak az utasok egy része tesz szert hasznosítható időre, ezért a rövidebb menetidő egyenértékét csak az utasok egyharmadára vonatkoztatják [3]. A későbbi példákön is látható, hogy a menetidő-csökkentésnek jelentős társadalmi haszna van.

6. EGYES VASÚTVONALAK ÜZEMI VISZONYAINAK ELEMZÉSE, A LASSÚJELEK MEGSZÜNTETÉSÉVEL ELÉRHETŐ EREDMÉNYEK

A számítógépes szimulációt a vizsgált vonalakon közlekedő minden vonattípusra elvégeztük. A vizsgálat szempontjából releváns tehervonatok csak a 41. sz. vonalon közlekednek. A csekély terhelésű és max. 50 km/h sebességű ún. „szatellit” tehervonatok közlekedését a lassújelek érdemben nem zavarják, ezért azokat az elemzésekből kihagytuk.

6.1. A 41. sz. Dombóvár–Gyékényes vonal

A 102 km hosszú, nemzetközi fővonal általános műszaki állapota elavult, a 100 km/h kiépítési sebesség sehol sem engedélyezett. A vonalon 80 km/h általános sebességkorlátozás van, amelyet 11 db 60, és 8 db 40 km/h lassújel tarkít. A vonal a Horvátországba és az adriai kikötőkbe haladó nemzetközi forgalom egyik természetes és hagyományos útiránya. A nagymértékben leromlott pályaaállapot következtében a személyforgalmat és a teherforgalom egy részét a környezetvédelmi szempontból is kényes 30 sz. balatoni vonalra terelték, rontva annak turisztikai, forgalmi lehetőségeit. Korábban különféle EU-s forrásokból programba vették a vonal korszerűsítését, de a támogatások átcsoportosítása vagy a magyar költségvetési önrész hiánya miatt, más, fontosabbnak ítélt projektekre költötték a forrásokat, így a 41. sz. vonal a tervekben kimaradt. Jelenleg a vonalat a KözOP a „2014-2020-ra előkészítésre javasolt” kategóriában tartja nyilván, azaz a korszerűsítés a bizonytalan jövőbe tolódott. Ebből a helyzetből kiindulva megvizsgáltuk, hogy milyen eredmény várható a felépítmény oly mértékű megjavításától, hogy a vonalon a 100 km/h kiépítési sebesség helyett legalább a 80 km/h sebesség biztosítható legyen.

A vonal forgalmi viszonyai.

A 2012. évi menetrendben a 41-es vonalon egy pár Budapest–Gyékényes viszonylatú IC vonat és három pár Dombóvár–Gyékényes viszonylatú sebesvonat közlekedik, az utóbbiaknak csatlakozása van a budapest–pécsi IC vonatokhoz. A helyi személyvonatok, a sebesvonatokkal kombinálva 2 órás ütemes rendben közlekednek. Csúcsforgalmi időszakban további 2 pár személyvonat közlekedik. Az időszakos vonatok hatása csekély, ezeket számításainkból kihagyjuk. A 2 órás ütemes menetrendben rendszeres vonattalálkozási állomások: Kaposvár és Somogyuszob; erre épül a szárnyvonalak csatlakozási rendje.

4. táblázat: Menetidő és vontatási energiafogyasztás számítási eredmények a Dombóvár-Gyékényes vonalra

Vonattípus	Alap seb.	Vonat-terh.	Jelenlegi pálya		Javított pálya	
	Km/h		Menet-idő perc	Energia fogy. kWh	Menet-idő perc	Energia fogy. kWh
IC, Dv.-Gyék.	80	V43+8kocsi	103,9	796	81,7	739
Sebes, Dv.-Kv	80	V43+2By	33,4	74	25,4	86
Szem.,Dv.-Kv.	80	V43+2By	37,1	136	29,7	180
Szem.,Kv.-Gyék.	80	V43+2By	74,0	356	62,9	352
Tehervonat,Dv.-Gy.	70	V63+1300t	115,5	2266	98,0	2123

A teherforgalom relatíve jelentős, 2010-ben kerekítve 2,8 millió elegytonna, ez napi 3 pár 1300 t terhelésű tehervonatnak felel meg.

A MeDina menetdinamikai számítási program szempontjából a vonalon ötféle vonat közlekedik:

- IC vonat Dombóvár–Gyékényes között,
- sebesvonat Dombóvár–Kaposvár között,
- személyvonat Dombóvár–Kaposvár és
- személyvonat Kaposvár–Gyékényes viszonylatban,
- tehervonat Dombóvár–Gyékényes között.

A számítógépes szimuláció eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

Energiafogyasztás

A nagyobb sebesség miatt a vonatok fajlagos energiafogyasztása növekszik, a ritkábban megálló vonatoknál a fékezések elmaradása révén csökken. A 4. táblázat adataiból mindkét jelenségre következtethetünk. A személyszállító vonatoknál naponta 680 kWh többlet, a tehervonatoknál 1068 kWh megtakarítás keletkezik. Fontos előnynek tartjuk, hogy a MÁV a teherforgalom számára is gyorsabb és olcsóbb, tehát versenyképesebb útirányt kínáljon.

A „javított” pályán folyamatosan 80 km/h engedélyezett sebességet feltételezünk, azzal a megszorítással, hogy egyes neuralgikus pályaszakaszokon (Dombóvár-alsó, Kaposvár, Gyékényes térségében) a 60 km/h sebesség megmarad.

A számítás eredménye azt mutatja, hogy a javított pályán jelentős menetidő-csökkentés lehetséges. Budapest–Gyékényes között az IC menettartam 22 perccel csökkenthető. A menetidő-csökkentés az intercity és a tehervonatoknál jelentős és egyértelműen előnyös. A csatlakozási rend kötöttsége miatt a sebes- és a személyvonatoknál a rövidebb menetidő elsősorban a Kaposvárra/ról történő utazásoknál értékelhető, de például a 8220 és a 8239 sz. vonatok

menettartama is javítható. A közgazdasági haszon kiszámításakor ezt a szempontot figyelembe vesszük. Az utazó személyzet szolgálata ideje Dombóvár végállomáson lehet rövidebb. A Dombóvár–Gyékényes vonal 2 órás ütemes menetrendjéhez 3 szerelvény szükséges. A betétjáratok és a Nagykanizsáig közlekedő vonatok miatt a vonalon összesen 5 dolgozó szerelvényt használnak. A lassújelek részleges feloldása szerelvénymegtakarítást nem eredményez. A menetidő-csökkentés közvetlen gazdasági haszna évente:

- a szolgálatai idő csökkentéséből 15,1 millió Ft megtakarítás,
- az intézkedés közgazdasági hasznossága 92,4 millió Ft.

A pálya szükséges mértékű megjavítása előzetes becslés szerint 2 milliárd Ft. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a pálya további romlását mindenáron meg kell előzni, és a megjavított pálya üzleti értéke is nagyobb lesz.

6.2. A 82. sz. Hatvan–Újszász vonal

A Hatvan–Újszász–Szolnok vasútvonalnak csak a Hatvan–Újszász közötti szakaszát vizsgáljuk, mert az Újszász–Szolnok állomásköz a Budapest–Szolnok fővonal része. A vonalnak a MÁV törzshálózatában fontos összekötő szerepe van, ugyanis kapcsolatot biztosít a dél-alföldi és az észak-magyarországi régió között, és a társadalmi-gazdasági rendszerváltás előtt jelentős belföldi teherforgalmat bonyolítottak rajta. További forgalmi terhelést jelentett a Somoskőújfalu átmenetben némi tranzit, és időszakosan használták Budapestet megkerülő áruforgalmi tranzit vonalnak is, Hatvani delta –Aszód–Vác–Szob felé. Napjainkban csak a személyforgalom jelentős. (2011. évben várható 580000 utas/év). A „kör-IC” ütemes, Ceglédén csatlakozást biztosító rendszerének kialakítása előtt a Szeged–Miskolc közötti gyorsvonatok is

ezen a vonalon közlekedtek. A pályán az eredeti 100 km/h sebességhez képest számos 80, 60 és 40 km/h korlátozás van.

A vonalon ma már csak személyvonati szolgáltatás van (hétvégén egy diákvonat). Egy délelőtti vonatpár kihagyásával órás ütemes menetrend van érvényben. A rendes vonatalálkozási állomások: Pusztamonostor és Jászboldogháza-Jánoshida. A forgalomhoz négy hagyományos szerelvényt használnak, V43+2Bhv vagy V43+3Bhv összeállításban. Az esti órákban két fordulót 5341 sor. villamos motorvonat (FLIRT) teljesít.

A pálya javításával elérhető költségmegtakarításra két lehetőséget vizsgáltunk:

6.2.1. A legrosszabb állapotban levő pályarészek kijavítása, a pálya alkalmassá tétele 80 km/h sebességre

Ebben az esetben az üzemköltség-megtakarítás a menetidő, az energiafogyasztás és a fékezési munka csökkenéséből eredhet.

A fenti jellemzők meghatározását a „MeDina” menetdinamikai számítással végeztük. Háromféle változatot vizsgáltunk:

1. változat, a jelenlegi, 30 szakaszból álló, külön-

féle, 40, 60, és 80 km/h sebességhatárzóval tarkított pályán közlekedő vonatokat,

2. változat, amelyben az összesen 10,3 km hosszban meglévő 40 és 60 km/h sebességgel járható pályarészeket mérsékelt költséggel 80 km/h-ra alkalmassá teszik,

3. változat, az eredeti, jó állapotú pályán 100 km/h sebességű vonatok közlekedését.

Gyakorlati jelentősége az 1. és a 2. változat közötti összehasonlításnak van, mivel a belátható jövőben a pálya teljes felújítására nincs reális esély.

Az 5. táblázat számadatai alapján néhány figyelemre méltó kvalitatív jellegű megállapítást tehetünk:

- Jelentős menetidő-csökkentést csak a pálya teljes felújításával lehet elérni. A részleges felújítás kevesebb, mint 4 perc időmegtakarítást tesz lehetővé. Ez az idő kevés ahhoz, hogy az egyvágányú pálya menetrendi kötöttségeit (vonatkezesztések) figyelembe véve újabb menetrendi struktúrát állapítsanak meg.
- A hagyományos szerelvények energiafogyasztása a 2. változatban 7%-kal csökken, a 100 km/h sebesség visszaállításával pedig a jelenlegi szinten maradna, 18% menetidő-megtakarítás mellett.
- Az 5341 sor. FLIRT villamos motorvonatok energiafogyasztását a lassújelek kevésbé befolyásolják. A motorvonatok energiafogyasztása azon-

5. táblázat: A MeDina eljárással kiszámított menetidő és energiafogyasztás adatok

Hatvan-Újszász között

Járműtípus	V43+2Bhv		5341sor.	
	Menetidő /p/	Energia/kWh/	Menetidő /p/	Energia/kWh/
1. változat	45,7	298	45,4	140
2. változat	42,0	245	41,7	134
3. változat	37,6	269	37,2	152

6. táblázat: Energiafogyasztási és fékezési költségek összehasonlítása

	Mérték-egység	1.változat	2.változat	Különbség
Energiafogyasztás oda-vissza úton	kWh	610	564	56
Fékezési munka oda-vissza úton	kWh	310	262	48
Fordulók száma munkaszüneti napon		9	9	
Fordulók száma munkanapon		16	16	
Energiamegtakarítás	MWh/év			281
Fékezési munka megtakarítás	MWh/év			241
Energiaköltség-megtakarítás	eFt			7025
Fékezési költségmegtakarítás	eFt			916

ban mindhárom változatban gyakorlatilag fele a hagyományos szerelvényének. A motorvonatok 20%-kal kisebb tömege csak kis részben okozza ezt a jelenséget, döntő mértékben a jobb energiafogyasztás oka a visszatáplálás lehetősége. Ebben rejlik a korszerű motorvonatok lassújelekre való „érzékeltensége” magyarázata is.

– A motorvonatoknál fékezési költséggel nem számolunk.

A számítógépes analízis eredményét a kezdőponttól a végpont felé haladó vonatokra adtuk meg. Az ellenkező menetirányban azonos menetidő és cca. 4%-kal nagyobb energiafogyasztás adódott.

A 80 km/h sebességet célzó pályajavítási munkák költségével a hagyományos szerelvényeknél elérhető energia- és fékezési költségmegtakarítást állítjuk szembe. A menetidő-csökkenés eredménye a menetrendi kötıtségek miatt a két végállomáson 1-2 perc. A várható megtakarítások számítását a 6. táblázatban mutatjuk be.

A Hatvan–Újszász vonalon tehát a legrosszabb állapotban levő, összesen mintegy 11 kilométer hosszúságú szakaszok részleges felújításától összesen 7,94 millió Ft megtakarítás várható évente, 302,5 millió Ft egyszeri pályajavítási költség mellett. A pályajavítás tervezett költségei a MÁV Vezérigazgatóság Pályalétesítıményi Főosztálytól származnak [4]. Más kérdés, hogy a felépítmény elhasználódott állapotban van, a karbantartás elmaradásának következményei már szembetűnők, beavatkozás nélkül a vasúti közlekedés feltételei

gyorsuló ütemben tovább romlanak. (Arra pedig nincs elfogadható magyarázat, hogy egy kidőlő félben lévő felsővezetéki oszlopot a szakszolgálat hónapokig elnéz).

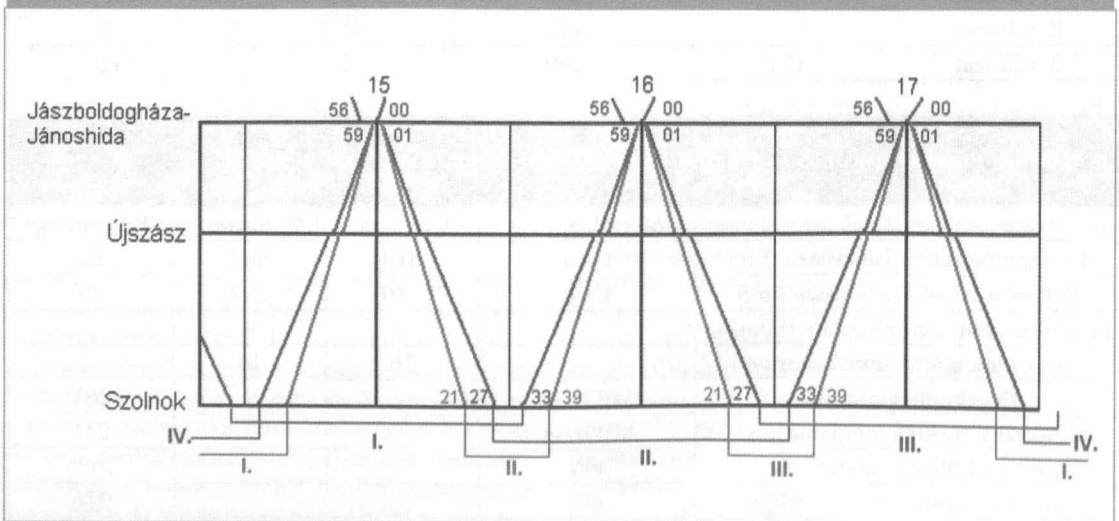
6. 2. 2. Koncentrált pályafelújítás a menetrendi lehetőségek javítására

A költségek csökkentésére más megoldás is kínálkozik, nevezetesen a pálya koncentrált felújítása a Jászboldogháza–Jánoshida–Újszász állomásközben. Az elérhető rövidebb menetidőkkel intenzívebb forduló kialakítása és egy dolgozó szerelvény megtakarítása válhat lehetővé.

A Hatvan–Szolnok vasútvonal forgalmi viszonyai

A 2012. évi menetrendben a vonatok menetrend szerinti menettartama 66, illetve 68 perc, és Hatvanban 28, Szolnokon 66 perc a fordulási idő. A Szolnokra beérkező vonat szerelvénye várakozik, mert érkezése után 6 perccel másik szerelvény indul Hatvanba (ld. a 3. ábrán bemutatott menetrendábrát). Ahhoz, hogy a forgalom három ingavonati szerelvényvel lebonyolítható legyen, a szolnoki érkezési és indulási időpont között a jelenleginél nagyobb, a forduláshoz elegendő időköz szükséges. A feladat megoldható, ha a vonatok 100 km/h sebességgel közlekedhetnek Jászboldogháza–Jánoshida és Szolnok között; mert ezáltal a menettartam ezen a pályaszakaszon a jelenlegi 26 percről 20 percre csökken, és 18 perc fordulási idő marad Szolnokon. (Újszász–Szolnok között a fővonalat a közelmúltban korszerűsítették, a V43 sor. mozdollyal vontatott

3. ábra: Menetrendvázlat



vonatok akár 120 km/h sebességgel közlekedhetnek.) A módosítással a menetrend struktúrája nem változna, Szolnokon a korábbi érkezés, és a későbbi indulás folytán a csatlakozások biztonsága javulna.

A negyedik, V43+2Bhv összeállítású szerelvény megtakarításából származó költségsökkenés kalkulációja a 7. táblázatban követhető. A számítás során figyelembe vett szempontok:

- Elmarad egy szerelvény karbantartása, viszont a másik három szerelvény napi futási teljesítménye megnő. Mivel a járműkarbantartási költségnek mintegy kétharmada köthető a jármű futásához, megtakarításként a Bhv szerelvények átlagos karbantartási költségének egyharmadát vettük figyelembe.
- A jelenlegi vontatott szerelvények helyett a szolnoki körüljárás elhagyása végett ingavonatokat kell közlekedtetni, tehát a forgalomban maradó három szerelvényben egy-egy Bhv kocsi vezérlőkocsira kell kicserélni. A vezérlőkocsik értéke nagyobb, mint a betétkocsiké. Az értékkülönbséget többlet-értéksökkenési leírásként kezeltük.

A Jászboldogháza–Jánoshida–Újszász vonalszakasz koncentrált felújításával tehát egy szerelvény megtakarítása révén, évente 102 millió Ft költség takarítható meg. A felépítménycsere

költsége, – például a budapest-hegyeshalmi vonalból kinyerhető – 54 kg/fm típusú sínekkel 1.050 millió Ft. A szakszolgálatok részéről szokásosan támasztott járulékos beruházási igényekkel nem számolhatunk.

6.3. A Kőbánya-Kispest–Lajosmizse vonal

A Kőbánya-Kispest–Lajosmizse vonal jelentőségét a budapesti elővárosi forgalomban játszott szerepe adja, ezért fejlesztése, de legalább további romlásának elkerülése egyaránt országos és MÁV érdek. A vonal a Budapest-környéki agglomeráció legkevesbé fejlett területén vezet. A mostoha körülmények ellenére évente 900000 utas veszi igénybe. Azóta, hogy a vonatok a Nyugati pályaudvarra bejárnak, az utasok száma szignifikánsan növekedett. A vonalat – jelentős utasforgalma ellenére – a B2 kategóriába sorolták, ennek a fejlesztési és karbantartási költségkeretek szempontjából hátrányos következményei vannak.

A vasúti pálya állapota

A vasútvonal állapotát jellemzi, hogy Kőbánya-Kispest és Dabas között, a Budapestről kiinduló belső elővárosi szakaszon, 40 km/h! sebességkorlátozás van. Nincs magyarázat arra sem, hogy az 1989-1990-ben új, 54 kg/fm sínekkel felújított

7. táblázat: A szerelvény megtakarításból származó költségsökkenés

Tételek	Érték	Megtakarítás /eFt/év/	Többlet költség /eFt/év/
V43 s. mozdony	300mFt		
Leírási kulcs	8%		
Mozdony ÉCS		24000	
2db Bhv kocsi	200mFt		
Leírási kulcs	5%		
Kocsik ÉCS		10000	
3db vezérlőkocsi értékkülönbség	138mFt		
Leírási kulcs	5%		
ÉCS különbség			6900
V43 s. mozdony javítási költség (33%)		10000	
2db Bhv kocsi javítási költség (33%)		2000	
Szerelvény fűtési költsége	800Ft/ó	2200	
Mozdonyvezetői bérköltség	6000Ft/ó	35000	
Jegyzigálói bérköltség	4400Ft/ó	25700	
Összesen		108900	6900
Eredmény		102000	

Dabas–Lajosmizse szakaszon csak 60 km/h az engedélyezett sebesség. (Megl lehet, a „preventív lassújel” szindrómát tapasztaljuk).

2003-ban a MÁV FKI kezdeményezésére megtörtént a vonal ellenőrzése járműdinamikai mérőkocsival, és megállapították, hogy a lokális pályahibáktól el lehet tekinteni, így a könnyű építésű motorvonatok részére a sebesség 20 km/h-val felemlhető. A pályagazdálkodási szakszolgálat – elfogadva a mérési eredményeket – akkor 420 millió forintot kért a felépítményi hibák kijavítására. Érde mi intézkedés azonban nem történt. A MÁV egyik stratégiailag legfontosabb feladata a budapesti elővárosi forgalom fejlesztése, ezért a beruházási tervekben – a pálya avult állapota miatt – a vonal korszerűsítését irányozták elő. Időközben a MÁV vonalainak rehabilitálása a források csökkentése folytán drámaian lelassult, és a korszerűsítési feladatok újra sorolása-kor a vonalfelújítás távol került.

2011-ben a MÁV TEB Főosztálya villamosítási programot terjesztett elő, amelyben a 1421 sz. vonal is szerepel. A vonal villamosításának célszerű feltételeként a Kőbánya-Kispest–Dabas vonalszakasz egyszerűsített felújítását irányozzák elő, 6,3 milliárd Ft költséggel [5].

A vonal forgalmi viszonyai

A Budapest Nyugati pályaudvar–Lajosmizse között munkanapokon 16 személyvonatpár és Ócsaig, illetve Dabasig további 3 betétjárat közlekedik. A délutáni órákban a közlekedés óras ütemes rendszerű, a reggeli csúcsidőben Budapestre 30-55 perc időközzel, rendszerintelenül érkeznek a vonatok, délelőtt pedig még nagyobb kihagyások vannak. A forgalom lebonyolításához jelenleg 6 szerelvényre van szükség, mert reggel 6 vonat érkezik Budapestre, és egy szerelvény sem fordul vissza, hogy még egy fordulót teljesítsen. A szerelvények M41 sor. mozdony, + 4 Bhv kocs, vagy változó mértékben 6342 sor „Desiro” motorvonatok kettős egységben. A szolgáltatás színvonalának szempontjából két negatívum állapítható meg:

- Kőbánya-Kispest–Lajosmizse között a menetidő 105 perc, hosszabb, mint a gőzvontatás idején.
- A reggeli csúcsforgalom időszakában nincs elfogadható vonatgyakoriság.

Mindennek oka a Pestszentimre–Ócsa és az Ócsa–Dabas állomásközök hossza, illetve az

ott érvényes 40 km/h max. sebesség. A helyzet nagymértékben orvosolható, ha Gyálon és Inárcs-Kakucs állomáson visszaállítják a vonatok találkozásának lehetőségét, vagy a pálya feljavítása után engedélyezik legalább a 60km/h sebességet. Az elsőként említett megoldáshoz legalább a költséges távvezérelt forgalmi kitérőket be kell építeni, de így is megmarad a lassú közlekedés. (Meddig akarunk még Lajosmizsére 2 órát vonatozni, miközben az autóbusz 80 perc alatt odaér!) A pályát kell tehát megjavítani; ennek két változatát elemezzük.

6.3.1. A lokális pályahibák elhárítása és legalább a motorvonatok számára 60 km/h sebesség engedélyezése

A lokális pályahibák elhárítása természetesen nem jelenti a nagyon is esedékes rekonstrukciót, de a forgalmi lehetőségek jelentős javítását teszi lehetővé. A pálya kapacitása szempontjából a 40 km/h sebességgel terhelt Pestszentimre–Ócsa és az Ócsa–Dabas állomásközben vannak a mértékadó szűk keresztmetszetek, amelyeket sürgősen oldani, és az említett járműdinamikai méréseket megismételve, 60 km/h sebességet biztosítani kell. Ennek a korántsem teljes körű megoldásnak előnyei:

- A reggeli csúcsforgalomban a vonatgyakoriság legalább 40 perc lehet, tehát ennél nagyobb vonatmentes idő nem adódik.
- Egy szerelvény a reggeli órákban Dabasig vagy Örkényig visszafordítható. A többlet vonathoz nem kell többlet szerelvény, ez szerelvényemegtakarításnak is minősíthető.
- A többlet vonat és a Dabasig lehetséges 15 perc menetidő megtakarítás révén a szolgáltatás javul.

Egy dupla Desiro szerelvény beszerzési ára kb. 1500 millió Ft. Az értékcsökkenési leírásból és a javítási költségéből évi 139 millió Ft megtakarítás adódik. A rövidebb eljutási idő éves szinten 210 millió Ft közgazdasági haszonnal egyenértékű. A hivatásforgalomban különösen fontos, hogy az utas ne kényszerüljön a szükségesnél korábban útra kelni, majd a munkahelyen, iskolában a reggeli kezdésre várakozni. További gazdasági eredmény származik a szolgáltatás javulását követő utasszám és így bevétel növekedéséből, amely minden korábbi esetben, amikor a MÁV a szolgáltatását javította, bekövetkezett. (Vö. az esztergomi, váci és hatvani vonal forgalomnövekedése).

8. táblázat: Menetidő és energiafogyasztás a Kőbánya-Kispest – Dabas vonalszakaszon

	M41+4Bhv		6342 sor.	dupla szer.
	Menetidő	Energia- fogyasztás	Menetidő	Energia- fogyasztás
	(perc)	(kg gázolaj)	(perc)	(kg gázolaj)
Jelenlegi pályán	55,2	51	54,6	36
Javított pályán	40,2	62	39,4	47

A felsorolt előnyök végett a Kispest–Dabas állomások között elvégzendő pályajavításnak a becsült költsége, a 2003. évi igény alapján, de az általános inflációt figyelembe véve: 950 millió Ft.

A menetidő és az energiafogyasztás számítógépes szimulációval meghatározott eredményeit a 8. táblázatban foglaltuk össze.

Megállapítások: A 60 km/h sebesség visszaállítása a vonatok vontatási energiafogyasztása a nagyobb légellenállás és a nagyobb fékezési kezdősebességek miatt valamelyest megnő. A növekmény nem jelentős, mert a 40 km/h, tartósan egyenletes sebességgel haladó vonat M41 sor. mozdonyának motorja és hidrodinamikus hajtóműve igen kedvezőtlen, csekély részteljesítmény üzemi állapotában működik, amelyben a hatások magyon rossz, és a segédüzemek teljesítmény felvétele is aránylag nagy. (A mozdony kerékkerületén leadott teljesítménye 50-70 kW, a névlegesnek 7-10%-a). A nagyobb sebességnél kedvezőbb üzemi állapot adódik. Hasonló jelenség áll elő a 6342 sor. „Desiro” motorvonatnál, amelynek teljesítményét 120 km/h sebességhez illesztve választották meg. A vonatonként 11 kg többlet vontatási gázolaj-fogyasztásnak mintegy harmada a vonatok rövidebb idejű fűtésénél-hűtésénél megtérül.

Egyébként a 60 km/h-nál magasabb, 120-160 km/h sebességtartományban a rövidebb menetidőt lényegesen nagyobb energiafogyasztással kell „megfizetni”, mint az esetünkben tárgyalt mérsékelt sebességek szintjén. Vegyük figyelembe, hogy a dízelvontatású vonatok üllőhely-kilométerre vetített fajlagos energiafogyasztása harmada a személygépkocsi hasonló paraméterének. (A teljesség kedvéért: a villamos vontatásnál ez az arány 1:9.)

6. 3. 2. A pálya részleges felújításával elérhető eredmények

Szakmai körök nem vitatják, hogy a Kőbánya-Kispest–Lajosmizse vonal, de különösen a Daba-

sig terjedő vonalrész teljes korszerűsítésre érett. A 6.3.1. pontban vázolt hibaelhárítási munkák csak időlegesen biztosítanak a jelenleginél jobb közlekedési feltételeket. A tartósabb vagy hosszú távú rehabilitációs munkákra egy alapváltozattól a teljes korszerűsítésig több fokozatú megvalósítási tanulmányok készültek. Visszatérő probléma azokban a vonalnak Kőbánya-Kispesttől Kispes-ten át, a 10.0 kilométerszelvényig terjedő szakasza, ahol a vonal terepszintű magassági vonalvezetése jelenleg is közúti forgalmi nehézséget okoz (Üllői út, Ady Endre u., Méta u.). A vonal forgalmának növeléséhez tehát előbb-utóbb szükséges feltétel lesz a vasúti pálya külön szintű vezetése, célszerűen a ceglédi fővonalhoz hasonló megemelése. A jellegzetes tervkonceptiók:

- Alapváltozatnak tekinthető a villamosítási előterjesztésben is szereplő pályajavítás, amelynek fő célja, csúcsidőben a 30 perces ütemes személyvonati közlekedés biztosítása.

Menetrendi szempontból szükséges:

- A kezdőponttól a 97. pályaszelvényig a jelenlegi sebesség megtartása.
- A 97. szelvénytől a 187. szelvényig, – azaz Pestszentimre és Gyál belterületén – legalább 60 km/h, sebesség biztosítása.
- A 187. szelvénytől Dabas állomásig 90 km/h sebesség biztosítása. Ehhez a sebességemeléshez nem szükséges a pálya nyomvonalának megváltoztatása. Ócsa állomás két végén a csatlakozó pályaszakaszon 60 km/h sebesség menetrendi hátrány nélkül megtartható.
- Kifejezetten felesleges Gyál és Inárcs-Kakucs állomások újra forgalomba helyezése, ugyanis a Pestszentimre–Ócsa–Dabas szakaszon 90 km/h sebességgel mindkét állomásközben 13 perc menetidő adódik, ami a 30 perces ütemes menetrendhez megfelelő.
- Az alapváltozat tervezett költsége 6,3 milliárd Ft.
- A 30 perces kínálat, korszerű járművekkel, minden bizonnyal jelentős utasszám-növekedést generál.

- Villamosítás Kőbánya-Kispest–Lajosmizse között. Az alapváltozat tartalmazza azt a minimális pályajavítást, amely a villamosításnak is feltétele. Ez a lassújelek megszüntetése szempontjából döntő momentum, mert számos korábbi vizsgálat eredménye szerint, valamint a hivatkozott aktuális előterjesztésben hangsúlyozzák: a vonal forgalma és elővárosi jellege alapján villamosításra érett [6].

Speciálisan előnyös helyzet állna elő a vonal villamosításával azért is, mert a MÁV-nak Budapest térségében kvázi egységes járműparkkal csak villamos vontatású vonatokat kellene üzemeltetnie. A Lajosmizsére terjedő villamosítás költsége, – a TEB Főosztály által használt fajlagos költségekkel számolva – 2,1 milliárd Ft, + alállomás 1,0 milliárd Ft lenne. Megjegyezzük, hogy a szakszolgálat követve azt a régi gyakorlatot, hogy „ha már villamosítunk, oldjuk meg összes problémánkat”, további legalább 3,3 milliárd forintot kér, de 7,0 milliárdot is indokoltan tart biztosítóberendezési és távközlési korszerűsítésekre. Ezek egy része bizonyára elengedhetetlen, más része indokolt, de nélkülözhető. Nem feladatunk a villamosítási program kritikája, de meg kell jegyeznünk, hogy ezzel a szemlélettel a gazdaságossági számítások eltorzulnak, és a villamosítás, mint költséghatékony műszaki fejlesztés, a „rávárart” költségek miatt megghiúsul.

6.3.3. A vonal teljes rekonstrukciója

A különféle szintű és költségű pályajavítások segítségével, a dolog természeténél fogva legfeljebb középtávon biztosítható az elfogadható szintű szolgáltatás, és elodázhatatlanná válik a vasútvonal teljes rehabilitációja. A rehabilitáció alatt az adott vasúti pályának nem az eredeti, hanem a kor követelményeinek megfelelő szintű megújítása értendő. Ebben a kérdésben a hosszú távon nyújtani kívánt szolgáltatás és az ennek alapján meghatározott kínálati menetrend lehet mérvadó, viszont kerülni kell a szakszolgálatok részéről gyakran megfogalmazott túlzott igények teljesítését.

A villamosítási javaslat is tartalmaz a Kőbánya-Kispest–Kecskemét vonalra javaslatot, amely szerint a vonalat a 140 sz. Cegléd–Szeged vonal megkerülő útirányaként Kecskemétig felújítva és villamosítva kell helyreállítani Ennek költségét 98 milliárd forintban prognosztizálták. Meggyőződésünk, hogy mindig lesz fontosabb

és indokoltabb közlekedésfejlesztési projekt Magyarországon, amelyre a kerekén 100 milliárd hatékonyabban elkölthető. Nem ismerünk az utóbbi 10 évben olyan szituációt, amelyben az említett megkerülő lehetőségnek szerepe lett volna.

A 142 sz. vonal fejlesztési célkitűzése, a budapesti „S-Bahn rendszer” kiépítésének részeként a következők:

- Budapest Nyugati pályaudvar–Dabas között 20 perces,
- Dabas–Lajosmizse között 40 perces elővárosi forgalom, villamos motorvonatokkal,
- Lajosmizse–Kecskemét között a helyi igények szerint, de a jelenleginél jóval sűrűbb közlekedés, dízelmotorvonatokkal.
- ha lesz teherforgalom, az a csúcsgazdálkodási időszak kizárásával lebonyolítható.

A 20 perces forgalom megvalósításához szükséges fontosabb műszaki feltételek:

- Kispest állomás körzetében a neuralgikus szintbeni keresztezések külön szintű megoldása,
- Pestszentimre és Gyál között 4 km hosszban második vágány építése,
- Inárcs-Kakucs állomás újra forgalomba helyezése,
- a vonal GSM-R rendszerre alapozott központi forgalomirányítása.

Szakszerű becslés szerint egy célirányos, a MÁV legfontosabb stratégiai üzleti szegmensét szolgáló és a felesleges igényeket visszautasító projekt beruházási költsége 40 milliárd Ft lehet.

7. A LASSÚJELEK HATÁSÁNAK ÉRVÉNYESÍTÉSE A PÁLYAHASZNÁLATI DÍJBAN

Az eddigiek alapján további bizonyítást nem igényel a lassújelek költségnövelő és a vasút versenyképességét csökkentő hatása, valamint az, hogy a lassújelek jelentős részének megszüntetése messzemenően indokolt. A napjainkra kialakult helyzetnek a MÁV hosszú ideje tartó forráshiánya mellett más oka is van; ú.m. a vasúti pályáért felelős pályavasúti üzemeltető közvetlenül nem érdekelt a pálya jó karbantartásában, így a lassújelek lehető gyors felszámolásában sem. A lassújelek által okozott kár, illetve a pálya megjavításából származó előny ugyanis a pályát igénybe vevő operátoroknál keletkezik. Ez idő szerint a többlet-energiafo-

gyasztás, a nehézkesebb menetrendi struktúra, utasvesztés, stb. ellenére a pályavasút változtatlan pályahasználati díjat számlázhat a szolgáltatását igénylők felé.

Egy korábbi tanulmányban részletesen kifejtettük, hogy a MÁV pályahasználati díjszabásának nagy hiányossága, hogy nem tartalmaz a szolgáltatás minőségétől függő ösztönző jellegű, „bonus-malus” díjkorrekciót [5]. Indokolt és méltányos volna a kereskedő vasúti szektornak a lassújelekre visszavezethető közvetlen anyagi és versenyképességbeni hátrányait, legalább részben a pályavasútra hárítani. Nem célja a jelen tanulmánynak a pályavasút gazdálkodásának semmiféle átvilágítása, csak az érdekeltség hiányára hívjuk fel a figyelmet, valamint jelezzük, hogy az évi 100 milliárd Ft nagyságú pályahasználati díjbevétel egy részét indokolt a minőségi paraméterekhez kötni.

A pályagazdálkodás jószerint elhagyta, de legalábbis minimálisra csökkentette azt az 1920-as évtől követett gyakorlatot is, miszerint a mérsékelt tengelyterhelésű és jó futási tulajdonságú motorvonatokra nagyobb sebesség engedélyezhető, mint a mozdonyvontatású szerelvényekre. A kettős engedélyezett sebesség pedig egyre nagyobb jelentőségűvé válik a magyar vasútvonalakon. Ezt a gyakorlatot egyébként Európa-szerte használják. Figyelemre méltó, hogy a szlovák vasút még egyes mozdonyosorozatokra engedélyezett pályasebességben is különbséget tesz az egyes járművek futási tulajdonságai alapján.

Ma a MÁV dízelvontatású személyvonatainak már csak mintegy 20%-át továbbítják mozdonyok, a többi motorvonat vagy (Bz sorozatú) motorkocsi. A villamos vontatásnál is elérte a 25%-ot a motorvonati szerelvények aránya a MÁV-START vonatainál.

A pályahasználati díj szempontjából a magyar vasútvonalakat három kategóriába sorolják, de ezeken belül a pályahasználati díj független attól, hogy mekkora a pályára engedélyezett sebesség. Az engedélyezett sebességet a szakszolgálat saját hatáskörben, a felépítményi mérőkocsi adatszolgáltatása alapján határozza meg. Objektívebb, de legalábbis elfogadottabb lehetne a pálya állapotának minősítése, ha ez a feladatkör a Pályagazdálkodási Üzletágtól független szervezet hatáskörébe kerülne.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Amint korábban részleteztük, a magyar vasúti infrastruktúra állapota az utóbbi két évtizedben jelentős mértékben romlott. A magyar vasút hálózatának jelenlegi hossza mintegy 7000 km. A törzshálózati és a fővonalak, valamint a hosszú távon „életképes” mellékvonalak (ez együtt mintegy 6000 km) állapotelemzése során eljuthatunk ahhoz a következtetéshez, hogy a magyar vasúti pálya műszaki és üzletképeségi színvonalának szinten tartásához szükséges időarányos (legalább 30 évenként esedékes) felújítását, a kor igényeinek megfelelő modernizálását folyamatosan végezve 6000/30, azaz mintegy 200 (menetrendi) kilométer évenkénti folyamatos rehabilitációt kellene elvégezni. (A gyakorlatban a vasúti pálya rehabilitációja felépítménycserével jár, rendszerint teherbíróbb síneket építenek be, és az időközben megváltozott műszaki követelményeket teljesítik.) A helyzet azonban katasztrofális elmaradást mutat. Az elmúlt több mint 20 évben ez a felújítási ütem évente 20-25 km volt. Jelenleg az EU által biztosított támogatásokkal együtt is 60 km alatti az éves felújítási ütem a 2015-ig terjedő programban. Ennek következtében szükségszerűek a lassújelek a hálózat mintegy felén.

Következmény, hogy a vonatok menetideje megnövekedett, a vasúti személyszállítás versenyképessége romlott, miközben a közúti közlekedés színvonala, mennyiségi jellemzői dinamikus javultak. Ehhez jelentős mértékben hozzájárult az utóbbi két évtized autópálya építési programja is. Mindezek ellenére gyakorlatilag csak a mintegy 3000 km hosszú vasúti fővonal szerepel a középtávú teljes felújítási programban. A hálózat több mint felének megfelelő szinten tartására – elsősorban forráshiány, de részben a technikai megvalósítás ütemezésének nehézségei miatt is – a közeljövőben nem látunk lehetőséget.

Amennyiben feltételezzük, hogy a pályafelújítás üteme felgyorsul, eléri az évenként szükséges ütemet, akkor két-három évtizedre lesz szükség a kor igényeinek megfelelő szintű (sebesség, tengelyterhelés, vonatbefolyásoló rendszer, helyenként villamosítás stb.) egységes állapotú hálózat biztosításához.

A helyzet alapján elkerülhetetlennek látszik a teljes felújítás előtt – lehetőleg minél gyorsabb ütemben – a helyi, szakaszos pályahibák, a „las-

sújelek” megszüntetése. A vonatok sebességének megemlése jelentős költségigényeket támaszt, ugyanakkor egyes esetekben a vasút szolgáltatási színvonalának dinamikus emelését eredményezheti.

A költségek és az elérhető eredmények összevetése vonalankénti elemzést igényel, minden esetben a beruházás eltérő ütemű megtérülésére lehet számítani.

A „lassújel-megszüntetési program” helyes ütemének, hálózati sorrendjének meghatározásához kívánunk tanulmányunkkal segítséget nyújtani a döntéshozók számára. A szükséges költségek és a várható haszon szembeállítására kidolgozott matematikai modell alkalmazása elkerülhetetlen a leggazdaságosabb sorrend és ütem meghatározásához.

Tanulmányunkban hangsúlyosan törekedtünk arra, hogy a lassújelek felszámolásával elérhető közismert energiamegtakarításon túl az egyéb előnyöket is elemezzük. A lényegesebb előnyök a következők:

- A lassújelek által okozott többlet-energiafogyasztás. A lassújel az előírt menethez képest zavart okoz, mert a vonatot a rendtől eltérő fékezésre kényszeríti, így a vonat továbbításához szükséges mechanikai munka megnövekszik.
- A lassújelek által okozott fékezési többletköltség. Az energiafogyasztással azonos eredete van a lassújelek miatt keletkező fékezési többletköltségeknek, ugyanis a több fékezés több mozgási energiát emészt fel. A ma még többségben levő súrlódásos fékeknél intenzívebben kopnak a féktuskók, a kerékaroncok, illetve a fékbetétek és a féktárcsák, így ezek gyakoribb cseréjére van szükség. A korszerű vontatójárművek elektrodinamikus fékrendszereinél ez a veszteség a tuskós fékezés költségének töredéke, ezért elhanyagolható.
- A lassújelek hatása a menetidőre. A lassújelek megszüntetésével értelemesen menetidő-csökkentés érhető el. Amennyiben a menetidő-csökkentés számottevő, akkor új, az utasok számára előnyös, a vasút számára pedig gazdaságosabb menetrend kialakítása válhat lehetővé. A rövidebb menetidő révén a vasúti üzemben jelentős megtakarításokat lehet elérni, egyben nagyobb kapacitás tartálékolható a feszes, ütemes személyszállítási menetrend mellett az áruszállításra is.
- A hosszabb menetidő hatása a járművek ki-

használására. A lassújelek következtében a legnagyobb többletköltség akkor jelentkezik, ha a meghosszabbodó menetidő folytán az adott forgalom lebonyolításához további szerelvényekre van szükség. Fordított okfejtéssel: ha a lassújelek feloldásával sikerül egy, esetleg több szerelvényt kiváltani, tetemes megtakarítás érhető el. Itt kell említeni, hogy az esetleg kiváltható szerelvényen szolgálatot teljesítő utazó személyzet bér- és járulékos költségei is csökkenthetők. Egy-egy szerelvény megtakarításához természetesen nagyobb menetidő-csökkentés szükséges, ami csak hosszabb pályaszakasz megjavításával realizálható, és figyelemmel kell lenni a menetrendi kötöttségekre is.

- A hosszabb menetidő hatása az utazó személyzet szolgálati idejére. A vonatok csökkenő menettartama általában csökkenti az utazó szolgálatot teljesítők munkaidejét; de az ezzel elérhető megtakarítás csak abban az esetben egyértelmű, ha releváns időmegtakarítás keletkezik, amely a személyzetfordulók átalakításához szükséges mértéket eléri.
- A lassújelek hatása a vasút imázsára. A MÁV által 20-25 évvel ezelőtt biztosított eljutási időket a 2011. évvel összehasonlítva szinte katasztrofális állapot rajzolódik ki, ugyanis gyakorlatilag az összes fővonalunkon növekedtek a menettartamok, miközben egy emberöltő alatt a közúti közlekedés a gépjárművek számának növekedése és autópályáink kiépülése folytán korszakot lépett előre, és konkurenciája egyre nyomasztóbb. Még kritikusabb a helyzet a mellékvonalakon, ahol nem ritkák a 20-30 km/h sebességgel járható vonalak sem. A vasút térszűkítésének számos oka közül az egyik közvetlen ok, hogy a távolsági forgalomban a személygépkocsival való eljutási idő oly annyira kisebb, hogy a közlekedési mód megválasztásának pozíciójában levő közönség nem mérlegeli a vasúti utazás más, esetleg kedvező szempontjait. A lassújeleknek az utasok által való elfogadásánál van egy lélektani küszöb, mert az utasok jelentős része türelmét veszti, ha a vonat sűrűn fékez és „döcög”, még akkor is, ha a menetidő úgy van megszabva, hogy ebből kérés nem adódik. A menetidő társadalmi érték, a mobilitás legfőbb tényezője. A szakirodalom és a MÁV-START gyakorlata alapján számszerűsíthető a megnyert menetidő közgazdasági hasznossága. Tanulmányunkban, számítási modellünkben ezt az értéket is figyelembe vettük.

A jelenlegi állapotok és a tényleges költségek felmérése érdekében példaként az alábbi három vasútvonalra végeztünk összehasonlító számításokat:

41 számú Dombóvár–Gyékényes,
82 számú Hatvan–Szolnok,
142 számú Kőbánya–Kispest–Lajosmizse vonalakra.

Az eredményeket felhasználjuk a kiválasztott vasútvonalak üzemi viszonyainak elemzésénél.

Mindhárom vonal egyvágányú. A lajosmizsei a budapesti elővárosi hálózat része, míg a másik két vonal közepes forgalmú fővonalnak tekinthető. Természetesen mindhárom vonalon jelenleg lassújelek sokasága található, ezért vizsgálatunk szempontjából példaértékűnek tekinthetők.

A lassújelek felszámolásának hatékonysági értékelésére kidolgozott számítási modellen túl egyéb módosítási javaslatokat is megfogalmaztunk tanulmányunkban a lassújelek hatásának mérséklésére. Ilyenek például:

- A pályagazdálkodás jószerint elhagyta, de legalábbis minimalisra csökkentette azt az 1920-as évektől követett gyakorlatot, miszerint a mérsékelt tengelyterhelésű és jó futási tulajdonságú motorvonatokra nagyobb sebesség engedélyezhető, mint a mozdonyvontatású szerelvényekre. A kettős engedélyezett sebesség pedig egyre nagyobb jelentőségűvé válik a magyar vasútvonalakon. Ma a MÁV dízelvontatású személyvonatainak már csak mintegy 20%-át továbbítják mozdonyok, a többi motorvonat vagy (Bz sorozatú) motorkocsi. A villamos vontatásnál is elérte a 25%-ot a motorvonati szerelvények aránya a MÁV-START vonatainál.
- A vasúti pályáért felelős pályavasúti üzletág közvetlenül nem érdekelt a pálya jó karbantartásában, így a lassújelek lehető gyors felszámolásában sem. A lassújelek által okozott kár, illetve a pálya megjavításából származó előny ugyanis a pályát igénybe vevő operátoroknál keletkezik. Ez idő szerint a többlet-energiafogyasztás, a nehezkesebb menetrendi struktúra, utasvesztés, stb. ellenére a pályavasút változatlan pályahasználati díjat számlázhat a szolgáltatását igénylők felé. Véleményünk szerint a MÁV pályahasználati díjszabásának igen

nagy hiányossága, hogy nem tartalmaz a szolgáltatás minőségétől függő ösztönző jellegű, „bonus-malus” díjkorrekciót. Indokolt és méltányos volna a kereskedő vasúti szektornak a lassújelekre visszavezethető közvetlen anyagi és versenyképességbeli hátrányait, legalább részben a pályavasútra hárítani.

Tanulmányunkban összerendeztük egy adott vasútvonalon szükségszerűen bevezetett lassújelek ismert következményeit, illetve az azok által okozott negatív hatások költségeinek megállapításához szükséges ismereteket. A vonalanként, illetve a költségszökkentés szempontjából releváns vonalszakaszonként szükséges pályafejlesztési források ezáltal objektív módon szembeállíthatók a várt megtakarításokkal. A szembeállítás, illetve az adott konkrét lassújel megszüntetésének hatékonysága értékelhetővé válik, ennek kiszámításához dolgoztunk ki egy javasolható matematikai modellt.

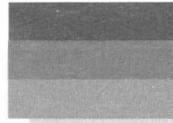
FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Kovács Károly - Tóth Béla: Menetrendben nem tervezett kényszerű lassítások, rendkívüli megállások vontatásenergetikai és jármű karbantartási következményei. (VASÚTGÉPÉSZET c. szakmai kiadvány, 2011 /3-4. szám)
2. Vincze Tamás – Pericht Lajos: A vontatójárművek dinamikus fékberendezésének műszaki-gazdasági vizsgálata a MÁV üzemi viszonyai között. (Vasúti Tudományos Kutató Intézet, 532/1972 sz. kutatási összefoglaló jelentés.)
3. Szabóné Bujdosó Orsolya MÁV-START projekt menedzser adatai.
4. Csonka Zsolt főmérnök, PGF, adatai.
5. A MÁV Infrastruktúra Üzletág, TEB Főosztály előterjesztése: Javaslat 6 vasútvonal-szakasz villamosítására, és kapcsolódó fejlesztésekre.
6. A MÁV Vasúti Infrastruktúra Fejlesztési Főosztály előterjesztése: A MÁV Villamosítási koncepciója. 2006, december
7. Vincze Tamás: A pályahasználati díj személyszállítási szempontú vizsgálata. (MÁV ZRt.-VMMSzK Vizsgálati összefoglaló jelentés 2006).
8. A sebességkorlátozások felszámolásának hatékony módszerei a vasúti hálózaton. Kutatási jelentés. Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2011. december.



SLOW SIGNALS – and what is behind them

In our study we arranged all the known effects of the slow-signals that had been implemented by necessity on a given railway line, as well as the necessary information for the establishment of the costs of the negative effects created by them. Through this, the necessary line development resources are able to be weighed up against the savings for each line, or from the point of view of cost reduction, each line sector. This comparison and the efficiency of the abolition of a particular slow signal, becomes estimable, and we have developed a recommendable mathematical model for the calculation of this.



LANGSAMSIGNALE – und was dahinter steckt

In der Studie es wurden die bekannten Folgen der auf einer Bahnlinie wegen zwingender Notwendigkeit eingeführten Langsamsignale, sowie zu der Kalkulierung von den Kosten der dadurch verursachten negativen Wirkungen notwendigen Kenntnisse systematisch dargestellt. Damit können die für die Kostensenkung relevanten Linien und Strecken die notwendigen Entwicklungsressourcen auf objektive Weise mit den Einsparungen verglichen werden. Der Vergleich sowie die Effektivität der Aufhebung des konkreten Langsamsignals kann bewertet werden – für diese Kalkulation wurde ein vorgeschlagenes mathematisches Modell erarbeitet.

Megrendelőszelvény¹

Alulírott.....

megrendelem a Közlekedéstudományi Szemlét a következő hónaptól az alábbiak szerint:

A megrendelő neve:

.....

címe:

.....

(ahová a lapot kéri)

telefonszám:.....

fax:

e-mail:

Az előfizetési díjat az alábbiak szerint fizetheti be*:

- ☐ Rózsaszín postai átutalási csekken az alábbi címre:
Közlekedéstudományi Egyesület, 1055 Budapest,
Kossuth Lajos tér 6-8.

- ☐ Banki átutalással (név és cím feltüntetésével) az alábbi bankszámlaszámra.

Számlaszám: 10200823-22212474

A megrendelés időtartama*:

Féléves előfizetési díj: 4 140 Ft ☐ példányban

KTE tagoknak: 2 070 Ft ☐ példányban

Az előfizetési díjról számlát kérek*:

☐ Igen

Számlázási név:

.....

Számlázási cím:

.....

.....

☐ Nem

*A megfelelőt kérjük beikszelni!

Tudomásul veszem, hogy az első lapszám kézbesítésére az előfizetési díj befizetését követően kerül sor.

.....

aláírás

¹ Visszaküldhető e-mailben a szemle@ktenet.hu címre, faxon a 06-1-353-2005 számra vagy a 1055 Budapest Kossuth Lajos tér 6-8. IV. 416. postacímre

Fuvarozóvállalatok hatékonyságvizsgálata burkolófelület-elemzés alkalmazásával

A választott értékelési módszert a fuvarozóvállalatok hatékonyságvizsgálata során eddig nem alkalmazták. A lefolytatott és bemutatott vizsgálatok eredményének újdonságértéke abban rejlik, hogy az új, szakterületi elemzésre kialakított, ún. nemparaméteres módszerrel a közúti fuvarozó vállalatok, nonprofit szervezetek többkritériumú hatékonysági összehasonlítására is lehetőség nyílik.

Markovits-Somogyi Rita
e-mail: rsomogyi@kgazd.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A parametrikus hatékonyságelemző módszerek közös tulajdonsága, hogy egy bizonyos függvénykapcsolatot tételeznek fel a vállalat által felhasznált erőforrások (bemenetek) és az általa megtermelt javak (kimenetek) között. Két bemenetet (például tőke és munka) és egy kimenetet (például egy adott termékből készült termékmennyiség) feltételezve, ezt a függvénykapcsolatot egy háromdimenziós felületként lehet elképzelni, amely felület gyakorlatilag a termelési függvény, az alatta elhelyezkedő térfogat pedig a termelési halmaz. A nemparametrikus módszerek ezzel szemben nem határozzák meg előre, a vizsgálat előtt, a termelési függvényt, hanem a tapasztalati úton gyűjtött adatokat használják fel. Ugyanazt a háromdimenziós teret elképzelve, az egyes vállalatok működésük alapján egy-egy adott pontként elhelyezhetők ebben a térben, amennyiben – a példánál maradva – ismert a három koordinátájuk (munkafelhasználás, tőkefelhasználás, előállított termék mennyisége). A burkolófelület-elemzés (Data Envelopment Analysis) ezekre, a vállalatokat jelentő térbeli pontokra illeszt egy burkolófelületet, s azt állítja, hogy a burkolófelületben található vállalatok hatékonyak, míg az alatta lévő termelési halmazban találhatók kevésbé hatékonyak. A burkolófelületről – más néven hatékonysági határfelületről – való távolság meghatározásával a kevésbé hatékony cégekhez hatékonyságérték is rendelhető: minél nagyobb a távolság a hatékonysági határfelületről, annál kevésbé hatékony az adott cég.

A burkolófelület-elemzés előnyei és hátrányai egyenesen következnek a működési elvéből: előnye, hogy alkalmazásakor nincs szükség előzetes feltételezéssel élni a vizsgált vállalatok (vagy általánosan: döntési egységek) termelési függvényét illetően, és több bemenet, valamint kimenet együttes vizsgálatát is lehetővé teszi. Ezek a bemenetek és kimenetek a pénzügyi, monetárisan kifejezett jellemzőkön túlmenően lehetnek akár műszaki-technológiai vagy fenntarthatósági paraméterek is. További előnye, hogy viszonylag kisméretű mintán is alkalmazható, hiszen a választott kimenetek és bemenetek száma határozza meg a minimális mintaelemszámot.

Hátránya ugyanakkor, hogy nem egy ideális, abszolút skálához hasonlítja a döntési egységek hatékonyságát, hanem relatív hatékonyságot képez, hiszen a mintában legjobban teljesítő cégekhez hasonlítja a többit. A vizsgálat elvégzésekor külön kell ügyelni továbbá arra, hogy kiugró adatok, valamint a vizsgált döntési egységektől eltérő profillal rendelkező vállalatok befoglalása ne zavarja meg a helyes sorrend felállítását.

A közlekedési ágazaton belül a burkológörbe-elemzés alkalmazása igen széles körű. Számos területen használják, például légitársaságok (Adler és Berechman, 2001), repülőterek (Barros, 2008), vasútvállalatok (Yu, 2008), kikötők (Tongzon, 2001), valamint tömegközlekedési vállalatok (Sampaio et al., 2008) hatékonyságának értékelésére (Markovits-Somogyi, 2011a). A hivatkozott források listája azonban korántsem kimerítő. Megvizsgálva a nemzetközi szakirodalmat, több mint félszáz alkalmazás található kizárólag a közlekedés területén (Markovits-Somogyi, 2011b). Ugyanakkor a közúti áru fuvarozás, illetve a logisztikai ágazat értékelésére ritkán használják. Utóbbira főként a távolkeleti szakiro-

dalomban találhatók példák (logisztikai régiók értékelése (Jiang, 2010), (He et al., 2006), logisztikai vállalatok méretgazdaságosságának elemzése (Shen és Chen, 2008)), míg az áru fuvarozásban csupán egyetlen alkalmazás ismert (Cruijjsen et al., 2006) ezidáig. Indokolt tehát megvizsgálni és gyakorlati példa segítségével is értékelni, hogyan lehet alkalmazni a burkológörbe-elemzést a hazai közúti áruszállítás területén. Mivel a burkológörbe-elemzés elvégzésének sarkalatos pontja a megfelelő kimeneti/bemeneti struktúra felállítása, ezért a matematikai háttér és a gyakorlati adatgyűjtés bemutatásán túl a cikk részletesen foglalkozik a magyarországi viszonylatban alkalmas kimeneti/bemeneti struktúra felállításának kérdésével.

2. A BURKOLÓFELÜLET-ELEMZÉS MATEMATIKAI HÁTTERE

A burkolófelület-elemzés alapjait (Farrel, 1957) fektette le, aki a Pareto hatékonyság-definíciót felhasználva kimondta: egy döntési egység technikai hatékonysága akkor maximális, ha nem lehet egyetlen általa képzett vagy felhasznált felesleget sem úgy csökkenteni, hogy valamely kimenete vagy bemenete ne változzon negatív irányba. Ezt a modellt fejlesztette tovább (Charnes et al. 1978), kialakítva a CCR-modellt (amely nevét a szerzők, Charnes, Cooper és Rhodes kezdőbetűi után kapta). Ez a modell minden burkolófelület-elemző értékelés kiindulási pontja.

A CCR-modell lényegét a következőképpen lehet összefoglalni (Cooper et al. 2004): tegyük fel, hogy „n” döntési egységet (DE) értékelünk, amelyek mindegyike „s” különböző kimenet létrehozásához „m” különböző bemenetet használ fel. Tehát a DE_j (a j. döntési egység) x_{ij} mennyiséget használ fel az „i” inputból, és y_{rj} mennyiséget hoz létre az „r” outputból. Feltesszük továbbá, hogy $x_{ij} \geq 0$, $y_{rj} \geq 0$, és hogy minden DE esetén van legalább egy pozitív bemenet és egy pozitív kimenet. Ezeket felhasználva számítható a DE_j=DE₀ (az éppen vizsgált DE) relatív hatékonysága a többi j=1, 2,..., n DE_j hatékonyságához képest. A maximalizálandó függvény tehát:

$$\max h_0(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

ahol u_r , v_i a lineáris programozás által meghatározandó súlyok, y_{r0} , x_{i0} a DE₀ (az értékelni kívánt DE) megfigyelt kimeneti és bemeneti értékei. A

kapott értékek limitálása érdekében bevezetjük a következő korlátozást:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2)$$

minden $j = 1, 2, \dots, n$ -re és $u_r, v_i \geq 0$. Alkalmazva a Charnes-Cooper transzformációt (Cooper et al., 2004) kapjuk a következő lineáris programozási problémát:

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \quad (3)$$

feltéve, hogy

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} \leq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \nu_i x_{i0} = 1 \quad (5)$$

$$\mu_r, \nu_i \geq 0 \quad (6)$$

ahol (u, v) a Charnes-Cooper transzformáció eredményeképpen (μ, ν) -vé alakul. A (3) probléma duálisa pedig a következő:

$$\theta^* = \min \theta \quad (7)$$

feltéve, hogy

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &\leq \alpha_{i0} & i=1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j &\geq y_{r0} & r=1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0 & j=1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Ez az összefüggés „Farrel-modell” néven is ismert, mivel ez az, amit Farrel vezetett be. Ő azonban nem alkalmazta a lineáris programozás dualitási tételéből fakadó lehetőségeket, (amelynek révén $z^* = \theta^*$, és így bármelyik probléma megoldható), így nem volt képes a két modell közötti átjárhatóságot biztosítani. A (4)-et „gyenge hatékonyságnak” is szokták nevezni, mivel az a nem nulla holtjátékokat (továbbiakban s_r , s_i) figyelmen kívül hagyja. Amennyiben ezeket is a modell részévé kívánjuk tenni, akkor a következő módosított összefüggést kell alkalmaznunk, amelyet „envelopment” (azaz burkoló) formulának is hívunk:

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (11)$$

feltéve, hogy

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i=1, 2, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0} \quad r=1, 2, \dots, s;$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0$$

ahol „ ε ” egy nem archimédeszi elem, ami definíció szerint kisebb, mint bármely pozitív valós szám. Ennek a programnak a duálisa, amely multiplikatív formulaként is ismert, a következő:

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \quad (15)$$

feltéve, hogy

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} \leq 0 \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^m \nu_i x_{i0} = 1 \quad (17)$$

$$\mu_r, \nu_i \geq \varepsilon > 0 \quad (18)$$

Ezen összefüggések felhasználásával kimondható, hogy DE_0 akkor és csak akkor hatékony, ha $\theta^* = 1$, és $s_i^* = s_r^* = 0$ minden i, r -re, valamint gyengén hatékony, ha $\theta^* = 1$ és $s_i^* \neq 0$ és/vagy $s_r^* \neq 0$ valamely i -re és r -re valamely alternatív optimumban (Cooper et al. 2004). Az (5) és (6) összefüggés az input orientált CCR-modell (burkoló, illetve multiplikatív) alakja. Output orientált megközelítésben hasonlóan alakulnak a modellek, csupán a maximalizálandó/minimalizálandó mennyiségek más megközelítéssel írhatóak fel (Markovits-Somogyi, 2011b).

3. A MEGFELELŐ KIMENETI/BEMENETI STRUKTÚRA KIALAKÍTÁSA

A burkolófelület-elemző modell kialakításának legkritikusabb pontja mindig a megfelelő kimeneti/bemeneti struktúra kialakítása. Olyan tényezőket kell választani, amelyek alkalmasak az adott vállalkozás működésének leírásához, ugyanakkor a kutató számára a gyakorlatban is elérhetőek. Első lépésként összegyűjtésre kerültek azok az alaptényezők, amelyeket a végzett vállalati tevékenység természetének figyelembevételével a kérdéses cégek, tehát a hazai fuvarozó vállalatok hatékonyságtételezésé-

ben ideálisan bemenetként vagy kimenetként lehet alkalmazni a vizsgálatban. Ezek a következők:

Bemenetek

1. Az eszközökre vonatkozó adatok:
 - a tehergépjárművek száma,
 - a nyerges vontatók száma,
 - egyéb járművek száma.
2. Az alkalmazottak száma vagy a személyi jellegű ráfordítások összege (az utóbbi a vállalkozás eredménykimutatásából elérhető adat).
3. Működési költségek, anyagjellegű ráfordítások (az eredménykimutatásból megszerezhető).
4. A működés földrajzi területe.
5. Fenntarthatóságra vonatkozó adatok (pl. a járműállomány összetételét tekintve).

Kimenetek

6. Szállítási teljesítmény (vagy a járművek futás-
teljesítménye). Természetesen, ideális esetben ez tonna-kilométerben állna rendelkezésre, a tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a gyakorlatban leginkább csak a(z egyes) járművek által megtett úthossz áll rendelkezésre.
7. Értékesítés nettó árbevétele (az eredménykimutatásból).
8. Az üzemeltetés minőségét jellemző tényezők (pl. késések száma, az épségben megérkező szállítmányok aránya).

Annak érdekében, hogy a hatékonyságelemzést a gyakorlatban is végre lehessen hajtani, adatgyűjtésre került sor. A Magyar Közúti Fuvarozók Egyesülete segítségével elérhető adatbázisból negyvenkilenc közúti fuvarozó cég adataival kezdtünk dolgozni, majd a tevékenységi körük alapján negyvenet keresünk meg elektronikus levélben megküldött kérdőívekkel. Mivel ezzel a módszerrel csak három válasz született (ezek közül kettő volt releváns), ezért a kutatást telefonos megkereséssel folytattuk ugyanabban a körben. Az előzőekkel együtt ez tizennégy releváns és értékelhető kitöltött kérdőívet eredményezett.

A fent vázolt elméleti és ideális kimeneti/bemeneti struktúrára figyelemmel, valamint a kimenet/bemenet választás megkönnyítését megelőzve, a fentiekben említett kérdőív az alábbiakra kérdezett rá:

- Mely területen tevékeny a vállalkozás? (A mintában csak azok a cégek maradhettek, amelyek jellemzően nemzetközi áru fuvarozást végeznek.)
- Van-e a vállalkozásnak más, az üzleti eredményéhez nagyban hozzájáruló tevékenysége? (Amennyiben igen, az a mintából való kizárásukat eredményezte, hiszen a burkolófelület-elemzés alkal-

mazásához arra van szükség, hogy a vizsgált döntési egységek azonos profillal rendelkezzenek.)

- A vállalkozásban használt különböző járművek száma.
- A vállalkozás tevékenységének földrajzi területe.
- A vállalkozás járműveinek futásteljesítménye.
- Fenntarthatóságra irányuló kérdések, amelyek eredményeit későbbi kutatásokban hasznosítjuk.
- A vállalkozások releváns pénzügyi adatai a magyar kormány interneten elérhető adatbázisából, az Elektronikus Beszámoló Portálról (EBP, 2011) származnak.

A rendelkezésre álló adatok alapján különböző burkolófelület-elemzési modelleket alakítottunk ki, amelyek struktúráját az 1. táblázat szemlélteti. Tekintettel a mintaelemszám viszonylag alacsony voltára, első körben, tehát a jelen tanulmány keretein belül csak a legalapvetőbb tényezőkre és azok különböző kombinációira terjedhetett ki a vizsgálat.

Az elméleti megfontolások alapján a legalkalmasabb modellnek mindenféleképpen az 1. számú tartható, amely valamennyi lényeges alaptényezőt tartalmaz. A 2. számú modell elvi felépítésében megfelel az elsőnek, azzal az eltéréssel, hogy itt az esetleges kiugró értékek kizárásra kerültek az

értékelésből.

A továbbiakban arra törekedtünk, hogy a bemenetek és kimenetek számának összegét csökkentjük, mivel a burkolófelület-elemzés szakirodalmában az erre vonatkozó legszigorúbb szabály kimondja, hogy a mintaelemszám, azaz a döntési egységek száma legalább háromszor annyi kell, hogy legyen, mint a bemenetek és kimenetek számának összege (Bazargan and Vasigh, 2003). Tehát a tízennygy elemű mintánkhoz legfeljebb összesen négy kimenet és bemenet tartozhat e szerint a szabály szerint. Ezért a 3. számú modellben a személy- és anyagjellegű költségeket összeadva egy bemenetként kezeltük. Az 1. és 3. sorrend közötti Spearman-korrelációt kiszámítva 0,841-es korrelációértéket kapunk, amely adott mintaelemszámnál megfelelőnek tekinthető.

A 4. számú modellben a kimenetek és bemenetek számát azzal csökkentettük, hogy az „össz-futásteljesítményt” elosztva a „számított járműszámmal” egy új típusú mutatót használtunk fel kimenetként. Mivel ez már önmagában is egy egyszerű hatékonyságmutató, kérdéses, hogy a burkolófelület-elemzésben kimenetként alkalmazható-e? Így a 4. modellt inkább csak érdekességként célszerű vizsgálni.

Az 5. számú modellben a kimenetek számát csökkentettük.

1. táblázat: A különböző modellek struktúrái

A modellek sorszáma:		1.	2.	3.	4.	5.
Bemenet	Számított járműszám ¹	x	x	x		x
	Személyjellegű ráfordítások ² (ezer Ft, 2010)	x	x		x	x
	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft, 2010)	x	x		x	x
	Teljes költség (személy- + anyagjellegű ráfordítások)			x		
Kimenet	Össz-futásteljesítmény (km, 2010)	x	x	x		
	Értékesítés nettó bevétele (ezer Ft, 2010)	x	x	x	x	x
	Össz-futásteljesítmény / Számított járműszám				x	

(forrás: saját kutatás)

¹ Az érték figyelembe veszi a vállalkozásban használt különböző járművek számát, a gyakorlatban a tehergépjárművek és nyerges vontatók számának összege (db+db).

² Az alkalmazottak számának becslésére (mivel az alkalmazottak száma nem állt rendelkezésre valamennyi döntési egység esetében).

kentettük azzal, hogy az „össz-futásteljesítményt” kizártuk a vizsgálatból, s így az mindenképpen egy szűkebb körű értékelésnek tekinthető.

4. GYAKORLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A burkolófelület-elemzés gyakorlati kivitelezése a GAMS program segítségével történt, a Charnes, Cooper és Rhodes (Charnes et al., 1976) által alkalmazott CCR módszerrel és kimenetorientált megközelítéssel. Az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. A burkolófelület-elemzés az 1 értéket rendeli a hatékony vállalkozásokhoz, míg a többiek ennél alacsonyabb, 0 és 1 közé eső értékeket kapnak. A konkrét eredményeket vizsgálva érdemes felfigyelni rá, hogy az adatok szórása viszonylag kicsi valamennyi modellben. Ez egyrészt azt mutatja, hogy a vizsgált vállalkozások valóban azonos profillal rendelkeznek, és a vizsgált kimeneti/bemeneti struktúrák jól leírják a működésüket. Ha túlságosan alacsony értékek lennének találhatók az eredmények között, az jelezné, hogy a vizsgálat során valamit figyelmen kívül hagytunk. Másrészt az egymáshoz közeli eredmények jelzik azt is, hogy a vállalkozások éles versenyben állnak egymással,

és az esetlegesen alacsonyabb hatékonyságértékű cégek már nincsenek a piacon. Valóban, ez az áru-fuvarozási piac jellemzője, tehát az eredmények összhangban állnak a gyakorlati tapasztalattal.

Amikor ki kell választani az optimális kimeneti/bemeneti struktúrát, amely a további vizsgálatok során alkalmazandó, akkor célszerű figyelembe venni a felépítésüket. Meglátásunk szerint az 1. számú (illetve természetesen a 2. számú) modell alkalmazása a leginkább indokolt, tekintve, hogy ez az, amely minden alapvető tényezőt egyaránt, külön-külön tartalmaz, és nem fed el az egyes kimenetek és bemenetek közötti különbségeket. Ez utóbbi állítás a 3. modellről nem mondható el. Való igaz, hogy az 1. számú modell nem teljesíti a szakirodalomban található „szigorú ökolpszabályt”, azonban meg kell említeni, hogy egyre több szerző veti fel egy alternatív ökolpszabály alkalmazásának létjogosultságát, amely szerint a mintaelemszámnak elegendő csupán a bemenetek és kimenetek összege kétszerezésének lennie (pl. Chung és Hwang, 2005, valamint Wu és Goh, 2010). Továbbá (Dyson et al., 2001) megalapozott metodikai értekezése szerint ökolpszabályként alkalmazható az az összefüggés, amely kimondja, hogy a mintaelemszám legyen a beme-

2. táblázat: A különböző modellek eredményei

Modellek:	1.	2.	3.	4.	5.
1	1,000	1,0000	0,911	0,928	0,981
2	0,999	1,0000	0,973	0,971	0,998
3	1,000	1,0000	1,000	1	1
4	1,000	XXX	1,000	0,957	1
5	0,955	1,0000	0,910	0,919	0,947
6	0,964	1,0000	0,906	0,958	0,958
7	0,851	0,8913	0,842	0,805	0,849
8	1,000	1,0000	0,875	1	1
9	1,000	XXX	1,000	0,732	1
10	0,997	1,0000	0,958	0,949	0,991
11	1,000	1,0000	1,000	0,953	1
12	0,816	0,8617	0,779	0,685	0,808
13	0,897	1,0000	0,836	0,705	0,896
14	0,849	0,8489	0,815	0,843	0,849

(forrás: saját kutatás)

netek és kimenetek szorzatának kétszerese. Az 1. számú modell mindkét utóbb hivatkozott szabályt teljesíti, ezek alkalmazásával tehát mindenképpen az 1. számú struktúra használata javasolt a további kutatásokban, míg bizonyos körülmények között a 3. számú modell alkalmazása is indokolt lehet.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A cikk a hagyományos burkolófelület-elemzés hazai közúti áru fuvarozási szektorra történő alkalmazását vizsgálta. A kutatás jelen fázisában az volt a cél, hogy meghatározásra kerüljön az a kimeneti/bemeneti struktúra, amely a kérdéses cégek hatékonyságértékelésében optimálisan alkalmazható. Az elvégzett kutatás alapján megállapítható, hogy a közúti áru fuvarozó cégek burkolófelület-elemzése során az alábbi kimeneteket és bemeneteket célszerű befoglalni a kialakítandó modellbe:

Bemenetek:

1. Számított járműszám
2. Személyjellegű ráfordítások
3. Anyagjellegű ráfordítások

Kimenetek

4. Össz-futásteljesítmény
5. Értékesítés nettó árbevétele

Tervek szerint a jelen kutatás eredményei alapján további vizsgálatokra kerül sor, amely a Fülöp és Markovits-Somogyi által kidolgozott, módosított DEA/AHP-módszert³ (Fülöp és Markovits-Somogyi, 2012) kívánja alkalmazni az itt kialakított kimeneti/bemeneti struktúrára. A módosított DEA/AHP-módszer képes teljes rangsor kialakítására, s ezáltal differenciáltabb hatékonyságértékelést tud biztosítani.

Megjegyezzük, hogy a bemutatott értékelési eljárás aggregált szinten számszerűsíti a vizsgált egységek (itt: fuvarozóvállalatok) hatékonyságát, de egyúttal jó kiindulási alapot teremt a hatékonyságot befolyásoló tényezők meghatározására is. Amennyiben viszont a vállalati költség hatékonyságot részletesebben szeretnénk elemezni, célszerű olyan parametrikus kalkulációs módszereket – pl. többszintű teljes költségallokációt – alkalmazni, amelyek feltárják a költségek és a természetes teljesítmények közötti összefüggéseket, valamint ezek ok-okozati láncolatait. Az ilyen típusú módszerek közlekedési adaptációjával bővebben Bokor Zoltán munkássága foglalkozik (Bokor, 2011).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” és a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projektek szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0009 program és az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Adler, N.; Berechman, J. (2001) Measuring airport quality from the airlines' viewpoint: an application of data envelopment analysis, *Transport Policy*, Vol. 8 pp. 171-181.
- [2] Barros, C.P. (2008) Airports in Argentina: Technical efficiency in the context of an economic crisis, *Journal of Air Transport Management* Vol. 14, 2008, pp. 315-319.
- [3] Bazargan, M.; Vasigh, B. (2003) Size versus efficiency: a case study of US commercial airports, *Journal of Air Transport Management* 9 pp. 187-193.
- [4] Bokor, Z. (2011): Calculation model for transport costing. *Periodica Polytechnica ser. Transportation Engineering*, Vol. 39 No. 1, pp. 43-47. doi: 10.3311/pp.tr.2011-1.08
- [5] Charnes, A., Cooper, W.W.; Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2. pp. 429-444.
- [6] Chung, C-C.; Hwang, C-C (2005) Analysis of vessel registration and operational performance of bulk shipping firms, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 631 – 646.
- [7] Cooper, W.W.; Seiford, L.M.; Zhu, J.: *Handbook on Data Envelopment Analysis*, International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 71. 2004. ISBN: 978-1-4020-7797-5.
- [8] Cruijssen, F.; Dullaert, W.; Joro, T. (2006) Logistics efficiency through horizontal cooperation: The case of the Flemish road transportation companies, *Tilburg University, Center for Economic Research, CentER Discussion Paper No. 2006-14*.
- [9] Dyson, R.G.; Allen, R.; Camanho, A.S., Podinovski, V.V.; Sarrico, C.S.; Shale, E.A. (2001) Pitfalls and protocols in DEA, *European Journal of Operation Research*,

3 AHP: analitikus hierarchia eljárás (Analytic Hierarchy Process)

- Vol. 132. pp. 245-259.
- [10] EBP (2011) Közigazgatási és Igazságügyi Minisztérium, Céginformációs és az elektronikus cégeljárásban közreműködő szolgálat, Elektronikus beszámoló (<http://e-beszamoló.kim.gov.hu>)
- [11] Farrel, M.J. (1957) The measurement of productive efficiency, *Journal of Royal Statistical Society A* 120 pp. 253-281.
- [12] Fülöp, J.; Markovits-Somogyi, R. (2012) Ranking decision making units based on DEA-like nonreciprocal pairwise comparisons, *Acta Polytechnica Hungarica* Vol. 9. No. 2. (2012) pp. 77-94.
- [13] He, Z.; Sun, L.; Wang, Y.; Zhu, C. (2006) Empirical study on efficiency of regional freight logistics in China, *International Journal of Logistics Systems and Management*, Vol. 2. No. 3. pp. 302-320.
- [14] Jiang, C. (2010) Research on logistics network infrastructure based on HCA and DEA-PCA approach *Journal of Computers* Vol. 5. No. 4. pp. 533-540.
- [15] Markovits-Somogyi, R. (2011a) Review and Systematization of Efficiency Measurement Methods Used in the Transport Sector, *Promet – Traffic & Transportation*, Vol. 23. No. 1. pp. 39-47.
- [16] Markovits-Somogyi, R. (2011b) Measuring efficiency in transport: the state of the art of applying data envelopment analysis, *Transport*, Vol. 26. No. 1. pp. 11-19.
- [17] Sampaio, R.S. Neto, O.L. Sampaio, Y. (2008) Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning, *Transportation Research Part A*, Vol. 42. pp. 445-454.
- [18] Shen, Y; Chen, Y. (2008) Empirical Study on Performance Assessment of Listed Logistics Companies in China with DEA, *Proceedings of the Eighth International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals*, pp. 712-719.
- [19] Tongzon, J. (2001) Efficiency measurements of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis, *Transportation Research Part A*, Vol. 35. pp. 107-122.
- [20] Yu, M.M. (2008) Assessing the technical efficiency, service effectiveness, and technical effectiveness of the world's railways through NDEA analysis, *Transportation Research Part A*, Vol. 42. pp. 1283-1294.
- [21] Wu, Y-C. J.; Goh M. (2010) Container port efficiency in emerging and more advanced countries, *Transportation Research Part E* Vol. 46 No. 6 pp. 1030-1042.



Efficiency analysis of delivery companies using Data Envelopment Analysis

Data Envelopment Analysis is a non-parametric efficiency analysis system, through which the efficiency of already existing companies or even non-profit organisations can be analysed. Up until today relatively few systems are known for goods transit logistics procedures. Now, an outbound/inbound structure has been developed, which adapts the data envelopment analysis specifically for the environment of local goods delivery companies, and through which the sector's complex multi-faceted efficiency analysis becomes possible.

Untersuchung der Effektivität von Transportunternehmen mit Anwendung der Dateneinhüllanalyse

Die Dateneinhüllanalyse (Data Envelopment Analysis – DEA) ist eine non-parametrische Effizienz-Analyse, die die Bewertung von schon funktionierenden Betrieben, sogar von Nonprofit-Organisationen ermöglicht. Bis heute sind verhältnismässig wenige Anwendungen von dieser Methode im Waretransport und in der Logistik bekannt. Es wurde eine Output-Input Struktur entwickelt, die die Dateneinhüllanalyse ausgesprochen zu der Umgebung der ungarischen Transportunternehmen adaptiert und die komplexe, multifaktorisches Bewertung der Effizienz dieses Sektors ermöglicht.

Övezetekre bontott közúti hálózat járműsűrűségének szabályozása

Napjaink állandó témája a budapesti városi közlekedésnek az eddigiektől eltérő szabályozása, amelynek keretében korlátozások, a díjbeszedés különböző formái jöhetnek szóba. A cikk bemutatja, hogy egyrészt a forgalom nagyságát lehet növelni korszerű szabályozó és információs rendszerekkel, másrészt ésszerű korlátozásokkal meg lehet akadályozni, hogy egyes területekre több jármű haladjon be.

Soltész Tamás

e-mail: soltesz@kku.bme.hu

1. BEVEZETÉS

Napjaink nagyvárosaiban a közúti forgalom növekedési üteme oly mértékű, hogy azt hagyományos, extenzív kapacitásnöveléssel már igen nehéz, sokszor lehetetlen követni. Ennek fő oka egyrészt az új utak építésének nagy forrásigénye, másrészt a sűrűn lakott városrészekben a felhasználható területek hiánya. Ezért a városi közutakon a torlódások elkerülésére két célszerű lehetőség kínálkozik. Egyrészt, a forgalom nagyságát lehet bizonyos mértékben növelni korszerű szabályozó és információs rendszerekkel. Ezek hatékonyabbá és egyenletesebbé teszik a forgalomáramlást (Pearson, R., 2001). Másrészt ésszerű korlátozásokkal meg lehet akadályozni, hogy bizonyos területekre több jármű haladjon be, mint amennyit az infrastruktúra képes levezetni (Soltész T., Kózel M., Csizsár Cs. et al., 2010). A legnagyobb hatás úgy érhető el, ha a két eszközt együttesen alkalmazzák: az adaptív irányítás optimális mértékben kihasználja az infrastruktúra kapacitását; azonban ha már ez sem elegendő, korlátozások bevezetése szükséges a torlódások kialakulásának megelőzésére.

A forgalomtól függő jelzőlámpás irányítás alapelve, hogy egy csomópontban rendelkezésre álló zöldidőt mindig az aktuális forgalomnak

megfelelően osztja szét (tekintettel az összehangolásra is) (Gilicze É., 2007). Ez azonban csak egy adott csomópontot vagy legfeljebb egy kisebb területet vesz figyelembe, nem alkalmas hálózati optimum elérésére. Így ugyanis – bár az adott területen az áteresztőképesség megnő – más területeken problémát okozhat az oda jutó nagyobb forgalom, hiszen nagysága túl lépheti az (akár adaptív irányítással megnövelt) áteresztőképességet. Ezért sokszor előfordul, hogy a teljes hálózat szempontjából szerencsésebb, ha bizonyos csomópontokban csökken az átbocsátott járművek száma, azaz szükség lehet korlátozásra is. Azt is meg kell jegyezni azonban, hogy az általános korlátozások (pl. statikus forgalomcsillapítás, behajtási díj) sem kellően hatékonyak önmagukban, mert a csúcsidőre vannak méretezve, így azon kívül szigorúbbak a szükségesnél. A szabályozórendszer tehát akkor hatékony, ha a kapacitások szétosztását és – adott esetben – csökkentését dinamikusán végzi (Soltész T., Kózel M., Csizsár Cs. et al., 2010).

Egy forgalomirányító rendszer koncepciójával kapcsolatban az első tisztázandó kérdés az irányítási cél. Ezzel kapcsolatban számos szempontot lehet figyelembe venni: áteresztőképesség növelése, eljutási idő csökkentése, károsanyag-kibocsátás és zaj csökkentése, hálózaton töltött idő minimalizálása stb. (Tettamanti T., Luspay T., Varga I., 2008). A közúti forgalom sajátosságaiból (teljesítményfüggvény) következik, hogy létezik egy optimális áramlási sebesség (és ehhez tartozó járműsűrűség), amely mellett az adott útszakasz kapacitása maximális. Ha ennél nagyobb sűrűség alakul ki, a sebesség drasztikusan csökken, és megkezdődik a sorfelépülés

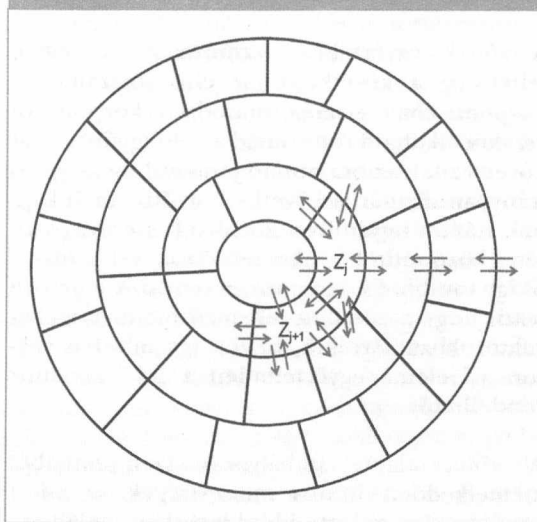
(instabillá válik az áramlás) (Gilicze É., 2007; Fi I., 1999). A közúti forgalomirányítás számára tehát a legkézenfekvőbb cél ennek elkerülése mellett a lehető legnagyobb áteresztőképesség biztosítása, vagyis az optimális járműsűrűség elérése.

A fenti irányítási céllal számos szempont együttes teljesülése érhető el. Optimális sűrűség mellett a lehető legnagyobb az áteresztőképesség, és – bár a sebesség így kisebb, mint szabad áramlás esetén – az eljutási idő is kedvező, mivel a járművezetők lehető legnagyobb része választhatja a számára legrövidebb útvonalat. (Ez a hálózaton töltött időre is kedvező hatással van.) A torlódások elkerülése a környezetterhelés csökkenésével jár – bár ebből a szempontból a megállások számának csökkentése is lényeges. Az optimális sűrűségekre való szabályozás a legterheltebb útszakaszok és területek forgalmát „szétteríti” az alternatív hálózati elemekre, így egyenletesebb forgalomsűrűséget eredményez, ami számos fenti szempontból kedvező változást jelent.

2. A ZÓNA ALAPÚ SZABÁLYOZÁS ALAPELVEI

Az optimális járműsűrűség elérése elméletben számos módon megoldható. Az ideális az lenne, ha minden útszakaszon biztosítani lehetne ezt (Péter T., 2010); ehhez azonban olyan kiterjedt adatgyűjtő- és feldolgozó rendszerre lenne szükség, amelynek megvalósítása a közeljövőben nem várható. Ezért célszerűbb megoldás, ha a közúthálózatot különálló zónákra osztjuk fel, és a zónákon belüli forgalomsűrűségét szabályozzuk, ebben az esetben ugyanis csak a be- és kilépési pontokon van szükség mérésre.

1. ábra: A zónák javasolt geometriai kialakítása, néhány zóna kapcsolatrendszerével



A legtöbb nagyvárosnak van egy belső, központi területe, amely nagy hivatásforgalmat vonz, és éppen ezért ott gyakoriak a torlódások. Ezzel szemben a központtól távolodva a forgalom-nagyság és -sűrűség egyre csökken. Különösen igaz ez az Európára jellemző sugaras-gyűrűs városszerkezet esetén. Ezért a zónákat célszerű úgy kialakítani, hogy a központtól nagyjából hasonló távolságra fekvő területek tartozzanak egy övezetbe. Ez azt jelenti, hogy van egy belső, központi zóna, amit gyűrűszerűen vesznek körbe a külső zónák. Utóbbiak mérete azonban így a központtól távolodva egyre nőne, ezért célszerű azokat további részekre osztani. Ezzel a felosztással minden zónának (a központot kivéve) lesz egy belső, egy külső és két oldalsó határa, és zónakiosztástól függően legalább ennyi szomszédja (ld. az 1. ábrán).

1. táblázat: Az alkalmazott jelölésrendszer

	Mennyiségek		Indexek
n	járműszám (EJ)	i	i. ciklus
N	járműszám-korlát (EJ)	j	j. zóna
l	járműhossz (m)	k	(a zóna) k. szomszédja
L	járműhossz-korlát (m)	be	behaladó
s	geometriai járműsűrűség	ki	kihaladó
S	geometriai járműsűrűség-korlát	eng	engedélyezett
h	egységjármű hossza (m)		

A szabályozási elv bemutatására és leírására az I. táblázatban összefoglalt jelölésrendszert vezetem be.

A zónák egyértelmű számozására az egyik lehetőség a következő: az első sorszámot a központi zóna a kapja, második a központtól északra található zóna, majd a belső gyűrű zónái következnek az óramutató járásával megegyező irányban. Ezután a következő gyűrű zónái kapnak számot ugyanilyen körüljárás szerint (szintén a központtól északra fekvő zónával kezdve), és így tovább. Ez a számozási rendszer lehetővé teszi, hogy a zónákra jellemző mennyiségeket vektorokban tároljuk, hiszen így minden vektor „j.” eleme egyértelműen a „j.” zónához rendelhető.

A zóna alapú szabályozás szempontjából kiemelkedően fontos mennyiségek az adott zónában az adott időpillanatban található járművek száma ($n_{i,j}$ – amelynek zónánkénti értékei az \underline{n}_i vektorban tárolhatók), valamint a Δt idő alatt ki- és behaladó forgalom ($\Delta n_{i,j,be}$ és $\Delta n_{i,j,be}$ – együttesen $\Delta n_{i,j}$). Ugyanakkor ezek mérésénél technikailag általában egyszerűbb a foglaltság, illetve a járműsűrűség mérése; különösen, ha az ún. geometriai járműsűrűség fogalmát alkalmazzuk (Péter T., 2009; 2010). Ennek lényege, hogy nem járműkategóriákat vesz figyelembe, hanem együttes járműhosszakat, amit a teljes úthálózathozhoz (L , ill. zónánként \underline{L}) mér. Ez a mennyiség különösen videokamerás mérés esetén alkalmazható jól, matematikailag egzakt és pontosabb számítást tesz lehetővé, mint az egységjárművön alapuló sűrűségfogalom. A mért sűrűségértékekből már számos mennyiség számítható (ld. a 2. ábrát):

– Egy szabályozási ciklusban a zónákba be- és azokból kilépő járműmennyiségek, ill. ezek összegzésével a járműmennyiség-változás vagy

fluxus ($\Delta \underline{n}_i$, méterben kifejezve), ami már könnyen átszámítható járműszámokra ($\Delta \underline{n}_i = \Delta \underline{n}_i \cdot h^{-1}$);

– Ebből a zónákban lévő aktuális járműmennyiségek (\underline{n}_i) és az ezekhez tartozó sűrűségértékek (\underline{s}_i);

– Továbbá becsülhetők a következő ciklusban a zónákban várható sűrűségek (\underline{s}_{i+1}), legegyszerűbb esetben lineáris közelítéssel, vagyis az előző ciklusban mért változást az aktuális mennyiséghez adva – ld. (1)-(2) képletek!:

$$\underline{n}_{i+1} = \underline{n}_i + \Delta \underline{n}_{i+1} \approx \underline{n}_i + \Delta \underline{n}_i = \underline{n}_i + \underline{n}_i - \underline{n}_{i-1} = 2\underline{n}_i - \underline{n}_{i-1} \quad (1)$$

$$\underline{s}_{i+1} \text{ vektor } \forall j. \text{ elemére: } s_{i+1,j} = \frac{n_{i+1,j} \cdot h}{L_j} \quad (2)$$

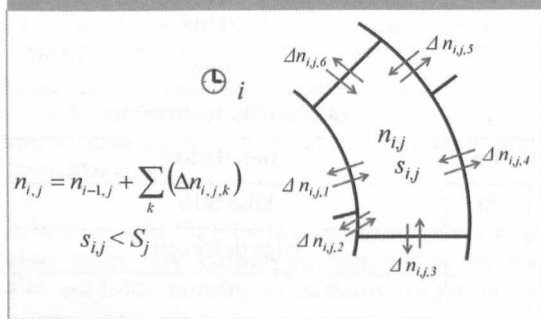
Mivel a jelzőlámpás forgalomirányítás is ciklikus működésű, célszerű a szabályozó rendszert is ehhez a ciklushoz igazítani. (Az összehangolás miatt egy városi területen általában azonos a periódusidő; ha viszont ez mégis eltér az egyes csomópontokban, akkor a legjellemzőbb értéket célszerű kiválasztani.) Így az „i” index az „i.” ciklusra fog utalni.

A járműsűrűség szabályozásának lényege, hogy minden „j.” zónában – a fent említetteken kívül – ismert az a maximális sűrűségérték (S_j , ill. az ennek megfelelő N_j járműmennyiség), amely mellett a zónában még nem alakulnak ki torlódások – természetesen $S_j < 1$. (Ezek az értékek szintén megadhatók az \underline{s}_i ill. \underline{N} vektorokban.) Ahhoz, hogy meghatározhassunk ilyen határértékeket, fel kell tennünk, hogy a járművek eloszlása a zónán belül nagyjából egyenletes; ezért különösen fontos az övezetek megfelelő kialakítása.

Amennyiben az adott „j.” zónában mért sűrűség ($s_{i,j}$, ill. $n_{i,j}$) megközelíti a határértéket, a zóna határán lévő csomópontokban a rendszer csökkenti a zóna felé tartó irányok zöldidejét, megelőzve ezzel az instabil forgalmi állapot kialakulását.

Fontos megemlíteni, hogy a rendszer csak az egyes zónák belépő forgalmát szabályozza. Erre azért van szükség, mert így minden zónahatárt átlépő forgalomhoz egyértelműen hozzárendelhető az a zóna, amelyik telítettségétől függ az átengedhető járműmennyiség. Elméletben ennek a „kapuzásnak” káros hatásai lehetnek az egyre telítettebbé váló zóna szomszédjaiban (mivel ezek elhagyása nehezebbé válik). A probléma matematikai

2. ábra: Egy zónával kapcsolatban ismert (mért és számított) mennyiségek



modellezésére és Ljapunov-irányítására egzakt megoldást ad a hivatkozott cikkekben (Péter T., Basset, M., 2009; Péter T., Bokor J., 2010; Péter T., Bokor J., 2011) leírt modell általánosított szakaszainak zónákra történő kiterjesztése.

Az e cikkben bemutatott szabályozás a nagyvárosokra jellemző napi helyváltoztatásokat veszi figyelembe. Az itt jellemző munkamegosztás ugyanis általában azt eredményezi, hogy korán reggel a belső területeken viszonylag kevés jármű található, míg a külsőkben több. (Utóbbiak azonban jóval nagyobb területen oszlanak el, ezért a sűrűség ott is alacsony.) Ahogy a munkamotivált utazások megkezdődnek, úgy kezd emelkedni a belső területeken a járműsűrűség; a központtól való távolság csökkenésével elméletileg egyre gyorsabban. Ezért a szabályozás először a belső zónákban lép működésbe. Mivel ezekbe lassul a beáramlás, ezért az eggyel külsőbb gyűrűben kezd gyorsulni a sűrűsödés, míg itt is szükség lesz a beáramlás lassítására. Ez a folyamat ideális esetben egészen addig tart, míg ez a „telítődés” el nem ér egy, a központtól elég távoli gyűrűt, amelynek mérete miatt már nem alakul ki az optimálisnál nagyobb sűrűség.

Ahhoz, hogy a forgalomsűrűség növekedése a fent leírt módon történjen meg, több feltételnek is teljesülnie kell:

- Olyan szabályozásra van szükség, amely hamar, ugyanakkor fokozatosan reagál a sűrűség változására, hogy a szomszédos zónákban is időben megkezdődhessen a beavatkozás.
- A szabályozásba bevont területnek elég nagy-nak kell lennie ahhoz, hogy a külső gyűrűn be nem engedett járművek ne okozzanak számottevő torlódást. Ezt elősegítheti egy olyan informatikai rendszer, amely a közúthálózat telítődése esetén már a külterületeken a P+R parkolóhelyek, és így a közforgalmú közlekedés felé irányítja a forgalomban résztvevőket (Csiszár Cs., 2000; Tóth J., 2003).
- Rendkívül fontos a megfelelő kalibráció: jól kell megválasztani a megengedett maximális sűrűségértéket, amely elég alacsony ahhoz, hogy a zónán belül kevésbé egyenletes járműeloszlás mellett se alakuljon ki torlódás, ugyanakkor a lehető legtöbb jármű áthaladását legyen képes biztosítani.

A második és harmadik feltétel teljesítése az adott város jellemzőinek ismeretében, kellően alapos adatgyűjtés, -elemzés és tervezés mellett lehetséges. Az első azonban a szabályozás

elvétől függ, ami már a koncepció kidolgozása-kor meghatározandó.

Az idejében fellépő, majd fokozatosan erősödő szabályozásra a legjobb megoldásnak az tűnik, ha – a tranziens jelenségekkel analóg módon – exponenciálisan közelíti meg a sűrűség a határértéket. Ez úgy valósítható meg például, ha minden ciklusban a rendelkezésre álló szabad kapacitás feléig engedi a rendszer a növekedést az egyes zónákban. Ekkor a következő ciklusra engedélyezett járműszámok (N_{i+1}) az aktuális (n_i) és a zónára meghatározott maximális járműszámok (N) számtani közepeként adódnak (3). Ezzel a megoldással eleinte gyakorlatilag nem lép fel korlátozás, hiszen a csomópontok nem képesek a megengedettnél több járművet áteresztetni, míg később egyre nagyobb mértékben csökken a behaladók száma. Mivel a szabályozás fokozatosan erősödik, a szomszédos zónákban is csak fokozatosan jelentkezik a hatás, amire a rendszer ott is időben reagál.

$$N_{i+1} = n_i + \frac{N - n_i}{2} = \frac{n_i + N}{2} \quad (3)$$

A fenti képlet (3) alapján megadható az adott „j.” zónára és a következő, $i+1$. ciklusra megengedhető teljes járműmennyiség-változás (fluxus). Ez a $(\Delta n_{i+1,j})_{eng}$ érték, – hacsak a sűrűség át nem lépte a megengedett maximális értéket (pl. valamilyen váratlan esemény miatt) – mindig nemnegatív lesz. Célszerű ezt az előző ciklusban megengedett mennyiség arányában megadni, mivel az így kapott szorzóval az egyes csomópontok zöldsídjai is könnyen számíthatóak lesznek az előző ciklus alapján (4). A csomópontok működésébe akkor kezd beavatkozni a rendszer, amikor a várható $n_{i+1,j}$ érték a megengedett $N_{i+1,j}$ -nél nagyobb lenne, és addig működik, amíg az egyes engedélyezett behaladó forgalomnagyságok el nem érik újra a csomópontok kapacitásából adódó maximális értékeket.

$$\alpha_{i,j} = \frac{(\Delta n_{i+1,j})_{eng}}{(\Delta n_{i,j})_{eng}} = \frac{N_{i+1,j} - n_{i,j}}{N_{i,j} - n_{i-1,j}} = \frac{N_j - n_{i,j}}{N_j - n_{i-1,j}} = \frac{N_j - n_{i-1,j} - \Delta n_{i,j}}{N_j - n_{i-1,j}} = 1 - \frac{\Delta n_{i,j}}{2(\Delta n_{i,j})_{eng}} \quad (4)$$

Az engedélyezett járműmennyiséget a zóna egyes határszakaszai (a szomszédos zónák) között a legegyszerűbb esetben az előző ciklusban mért forgalmak arányában lehet szétosztani. Tovább mérsékelhető a szomszédos zónákat érő „visszatörlesztő” hatás, ha az egyes határszakaszokon be-

engedett járműmennyiség függ a határ túloldalán lévő, „k.” szomszéd telítettségétől is. Ezáltal a rendszer elősegíti, hogy a telítettebb zónák felől a kevésbé telítettek felé haladjon a forgalom, és így egyenletesebbé váljon a forgalomsűrűség. A megengedhető fluxus egy ennek megfelelő szétosztását valósítja meg az alábbi szabályozás (5-7), amely mindkét említett szempontot (a szomszédos zónákból érkező forgalmat és a zónák telítettségét) figyelembe veszi.

$$\beta_{i,j,k} = \frac{\Delta n_{i,j,k;be}}{\Delta n_{i,j;be}} \quad \gamma_{i,j,k} = \frac{n_{i,j,k}}{\sum_k n_{i,j,k}} \quad (5), (6)$$

$$\begin{aligned} (\Delta n_{i+1,j,k})_{eng} &= (\Delta n_{i+1,j})_{eng} \frac{\xi_1 \cdot \beta_{i,j,k} + \xi_2 \cdot \gamma_{i,j,k}}{\xi_1 + \xi_2} = \\ &= (\Delta n_{i,j})_{eng} \cdot \alpha_{i,j} \frac{\xi_1 \cdot \beta_{i,j,k} + \xi_2 \cdot \gamma_{i,j,k}}{\xi_1 + \xi_2} \end{aligned} \quad (7)$$

A fenti képletben (7) szereplő ξ súlyszámokkal lehet befolyásolni a két szempont szerepét a szabályozásban. Ezek legegyszerűbb esetben 1-1 értékeket vehetnek fel, de természetesen más súlyozást is meg lehet valósítani; ennek kalibrálása további vizsgálatok elvégzésével lehetséges.

Az egyes határszakaszok csomópontjai között a járműmennyiségek elosztása már történhet forgalomarányosan. A zónákon belül a forgalom optimalizálása szintén az aktuális forgalomnagyságok alapján, helyi szinten történhet, hiszen a hálózati optimum elérése a zónákat „kapuzó” rendszer feladata.

3. TOVÁBBI LEHETSÉGES FUNKCIÓK

A szabályozó rendszer elvi kialakításával kapcsolatban további lehetőségek is felmerülnek, ugyanis a fent ismertetett alapelvek szerinti működés számos funkcióval fejleszthető. Ezek alkalmazását modellezéssel szükséges alaposabban vizsgálni.

Az első kérdés a mozgó- és állóforgalom szétválasztása. A rendszer legegyszerűbb változata csak az egyes zónákban lévő teljes járműsűrűséget ismeri a be- és kilépési helyek adatai alapján. Nem mindegy azonban, hogy ennek a járműmennyiségnek mekkora része áll a parkolóban, ill. halad a forgalomban; ha ez az arány eltér attól, amellyel a megengedhető sűrűséget tervezték, az zavarokat okozhat. Amennyiben kevés jármű parkol le, akkor megnő az úton lévőek száma, míg ha olyan sok kíván megállni, amennyinek már nincs elég parkolóhely, akkor a helyet kereső járművek többletforgalmat okoznak.

Mindezt a rendszer alapos kalibrációjával elvileg meg lehet előzni, de tartalékokat kell képezni. Az álló- és mozgóforgalom zónán belüli mérésével azonban pontosabb adatok szerezhetők, amelyek hatékonyabbá és üzembiztosabbá tehetik az irányítást. Az állóforgalom a parkolóhelyek foglaltsága alapján számítható (mélygarázsokban ezek az adatok már most is rendelkezésre állnak), a mozgóforgalom sűrűsége pedig kamerákkal mérhető. A kérdés az, hogy javítható-e így a szabályozó rendszer működése annyival, ami már indokolja az adatgyűjtő rendszer bővítését.

A következő fejlesztési lehetőség a zónán belüli forgalom irányok szerinti szétválasztása. Gyakran előfordul ugyanis, hogy egyes sugárirányú útvonalakon a két irány telítettsége jelentősen eltér; a kisebb forgalmú irányban ezért fölösleges lehet az a korlátozás, ami a másik irányban indokolt. A probléma úgy oldható meg, ha minden zónában különböző megengedhető sűrűségértékeket vesz figyelembe a rendszer az egyes irányokból (a belső, külső és oldalsó határok felől).

Elméleti szempontból ez nem jelentős változtatás, és a működéshez szükséges adatok is rendelkezésre állnak. Ez a szabályozás azonban jóval körütekintőbb és alaposabb tervezést és kalibrációt igényel. Így ugyanis már négy bemenő paraméterre kell határértékeket meghatározni, azok különböző kombinációit, egymásra hatását is figyelembe véve, amihez lényegesen több mérési adat szükséges.

A harmadik vizsgálandó probléma a zónák beosztása. Minél kisebbek a zónák, elméletben annál pontosabb a szabályozás (bár nagyon kicsi területeket már egyre kevésbé lehet zónáknak tekinteni, hiszen forgalmuk nagy része már egy-egy úthoz tartozik); viszont annál bonyolultabbá válik a rendszer. A határok meghúzásakor is fontos kérdés, hogy a főútvonalak mentén hol húzódnának (középen vezetve az út két irányra másik zónába kerül; az épületek mentén vezetve viszont nehéz a „kapuzó” csomópontokat kiválasztani).

Egy-egy konkrét beosztással kapcsolatban pedig az a lehetőség is felmerül, hogy a határokat érdemes lehet dinamikusan, az aktuális viszonyoknak megfelelően módosítani. Mindez akkor lehet hasznos például, ha a zónákon belül egyenletlenné válik a sűrűség, a torlódásos terület ugyanis így leválasztható. Máskor a hasonló jellemzőkkel bíró zónák egyesíthetők, amivel a számítási igény csökkenthető.

A fenti funkciók indokoltsága alapos forgalom-szimuláció elvégzése után állapítható meg. Az egyes lehetőségeket külön változatokban, szcenáriókban kell megvizsgálni, hogy a hatásaik külön-külön és együttesen is kimutathatóak legyenek. Ennek megfelelően az alábbi változatokat célszerű összehasonlítani:

0. változat: a jelenlegi, zónalapú szabályozás nélküli közlekedési hálózat;
1. változat: a szabályozórendszer minimális kiépítettsége, amikor csak a zónák telítettsége alapján történik a beavatkozás;
2. változat: az álló- és mozgóforgalom szétválasztása;
3. változat: a forgalmak irányok szerinti szétválasztása;
4. változat: dinamikus változó zónahatárok;
5. változat: az álló- és mozgóforgalom, valamint utóbbinak irányok szerinti szétválasztása (2. és 3. változat együtt);
6. változat: mindhárom továbbfejlesztés együttes alkalmazása (2., 3. és 4. változat együtt).

Különösen fontos az első változat alapos vizsgálata, mivel ez igazolhatja az alapelv működőképességét, valamint itt van lehetőség a rendszer kalibrációjára (a modellhálózatot tekintve). Utóbbi miatt több alváltozat vizsgálata is indokolt lehet, hogy meg lehessen határozni a szabályozási küszöbértékeket, súlyokat, valamint a megfelelő zónaméretet. (Mindezek az eredmények a gyakorlati alkalmazás során is hasznosak lehetnek majd.)

A változatok minősítését a szimulációból adódó, a forgalomlebonyolódás minőségét jellemző paraméterekkel lehet elvégezni. Ezek közül a legfontosabbak: az eljutási idő (valamennyi vizsgált helyváltoztatást tekintve), a járművek megállásainak száma (ami utal a környezetterhelésre is), a járművek hálózaton töltött ideje, valamint a futásteljesítmény. További szempont lehet az utazások tervezhetőségének javulása, ami a kiszámíthatóbb forgalmi viszonyoknak köszönhető. Így az utazási időt előrebecslő szoftverek (Soltész T., 2009; Tóth J., Juhász J., Schvanner N., 2009) is nagyobb megbízhatósággal tudják kiválasztani a legkedvezőbb útvonalat, figyelembe véve a szabályozó rendszer reakcióit is.

Egy a fentiek szerint elvégzett, kellően részletes modellvizsgálat eredményeinek kiértékelése után véglegesíteni lehet a rendszer elméleti koncepcióját, amely tartalmazza a mérendő

adatok körét, azok feldolgozásának módját és a szabályozás működését a konkrét beavatkozással.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk egy, a városi közúti forgalom szabályozására alkalmazható módszer, az övezetenkénti járműsűrűség-szabályozás alapelveit mutatja be. A módszer lényege, hogy a közúthálózatot zónákra osztva vizsgálja, és az ezeken belüli optimális járműsűrűségekre törekszik a zónákba belépő forgalom szabályozásával. Ez a rendszer további adatok gyűjtésével, feldolgozásával és kifinomultabb modellezésével még hatékonyabbá tehető. Az alapelv és a kiegészítő funkciók hatását a forgalomlebonyolódásra a későbbiekben alapos szimulációs vizsgálatokkal kell felderíteni, amelyek a jövőbeni gyakorlati alkalmazást is megalapozhatják.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Pearson, R. (2001): Intelligent Transportation Systems – Traffic Signal Control. http://www.calccit.org/itsdecision/serv_and_tech/Traffic_signal_control/traffsigrep_print.htm (2009. december 1.)
2. Soltész T., Kózel M., Csiszár Cs., Centgráf T., Benyó B. (2010): A közúti útvonal-foglalás koncepciója. Városi Közlekedés, 2010. 4. sz. 231-235.
3. Gilicze É. (2007): Forgalmotechnika. Előadási jegyzet, BME Közlekedésüzemi Tanszék, 2007.
4. Tettamanti T., Luspai T., Varga I. (2008): Közúti közlekedési automatika. Egyetemi jegyzet, BME Közlekedésautomatika Tanszék, 2008.
5. Fi I. (1999): Forgalmi tervezés, technika, menedzsment. Egyetemi tankönyv, BME, 1999.
6. Péter T. (2010): A globális közúti közlekedési hálózat dinamikája – a rész és az egész matematikai modellje. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Konferencia (IFFK 2010), Budapest
7. Péter T. (2009): Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, célok, kutatási területek és eredmények. Jövő Járműve – Járműipari Innováció, 2009. 4. sz. 59-78.
8. Péter T., Basset, M. (2009): Application of new traffic models for determine optimal trajectories. The 2009 International Forum on Strategic Technologies, Ho Si Min Város, Vietnam, 2009.
9. Péter T., Bokor J. (2010): Modelling road

traffic networks for control. Annual International Conference on Network Technologies and Communications (NTC 2010), Phuket, Thailand

10. Péter T., Bokor J. (2011): New road traffic networks models for control. GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227-232. February 2011

11. Csiszár Cs. (2000): Városi közlekedésmenedzsment integrált, telematikai rendszerrel. Városi Közlekedés, 2000. 4. sz. 224-238.

12. Tóth J. (2003): A közlekedés minőségének javítása a tájékoztató rendszer fejlesztésével, Városi Közlekedés, 2003. 2. sz. 106-112.

13. Soltész T. (2009): Útvonaltervezési eljárás kidolgozása közlekedési hálózatra. XXIX. OTDK Konferencia Műszaki Szekció Tanulmányai, Miskolc, 2009. 184-188.

14. Tóth J., Juhász J., Schvanner N. (2009): Dinamikus utazásiidő-előrebecslés és a városi forgalomirányító rendszerek. Városi Közlekedés 2009. 5. sz. 278-281.



Zoned road network traffic density control

The speed of growth of traffic in our contemporary large cities is so large that it has become difficult and often impossible for traditional extensive capacity increasing to keep up with it. The main reason for this is on the one hand the significant resources required for the building of new roads, and on the other hand the lack of useable space in densely populated town centres. For this reason two possibilities present themselves for the avoidance of traffic jams on town centre roads. Firstly, it is possible to increase the size of traffic flow to a certain extent using contemporary information and control systems. These can make traffic flow more efficient and even. Secondly, using rational restrictions it is possible to avoid the situation whereby more traffic flows into a certain area than that area's infrastructure can deal with. The biggest effect is achievable if the two tools are used together; adaptive direction is able to use optimally the capacity of the available infrastructure; and if that is not sufficient, the introduction of restrictions necessary in order to avoid the build-up of traffic jams.



Regelung der Fahrzeugdichte des auf Zonen aufgeteilten Strassennetzes

In den Großstädten unserer Zeit ist die Wachstumsrate des Strassenverkehrs so hoch, dass es ausserordentlich schwierig, oft unmöglich ist, durch extensive Kapazitätserweiterung damit Schritt zu halten. Die Hauptursachen sind: der hohe Anspruch an erforderlichen Ressourcen auf der einen Seite und der Mangel an verfügbaren Flächen in den dicht bewohnten Stadtteilen auf der anderen Seite. Deshalb bieten sich zwei zweckmässige Möglichkeiten an, die Stauungen auf den städtischen Strassen zu vermeiden. Einerseits, die Gösse des Verkehrs lässt sich durch Anwendung von modernen Regel- und Informationssystemen gewissermassen erhöhen. Diese verbessern die Effizienz und die Gleichmässigkeit des Verkehrsflusses. Andererseits, mit rationellen Begrenzungen es kann verhindert werden, dass in gewisse Gebiete mehr Fahrzeuge einströmen, als die Kapazität der Infrastruktur abführen kann. Die grösste Wirkung kann erreicht werden, wenn die zwei Mitteln gemeinsam angewendet werden: die adaptive Regelung ermöglicht die optimale Ausnutzung der Kapazität von der Infrastruktur; in dem Fall, wenn es nicht mehr ausreicht, es müssen Begrenzungen eingeführt werden für die Vorbeugung der Staubildung.

A közösségi közlekedés előnyben részesítési eszközeinek hatékony kombinálási lehetőségei

A közösségi közlekedés előnyben részesítésével kapcsolatban számos cikk, tanulmány jelent meg, amelyek egy-egy előnyben részesített eszköz, eljárás, stratégia hatásait vizsgálják. Annak érdekében, hogy az elérhető előnyök hatványozott formában jelentkezzenek, célszerű az egyedi eszközöket egymással kombinálva alkalmazni. A cél annak megtalálása, hogy miként lehet az előnyben részesítési eszközöket hatékonyan, ésszerűen kombinálni, és egyben iránymutatást adni a részletes vizsgálatra érdemes eljárás-együtteseket illetően.

Kózel Miklós
e-mail: kozel@kku.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A személygépjármű tulajdonlás és a társadalmi-gazdasági folyamatok intenzitásának növekedése miatt a városokban és városkörnyéken jelentkező forgalmi torlódások mindennapossá váltak, a városszerkezet és az úthálózat nem vagy csak nagyon lassan alkalmazkodik a megnövekedett igényekhez. Míután a személygépjárművek és a közösségi közlekedés járművei is ugyanabban a közegben „mozognak”, ugyanazt az infrastruktúrát használják, az említett folyamatok a közösségi közlekedésre negatív hatással vannak. A közlekedési spirál, mint leépülési folyamat, valamint a közösségi közlekedés járművei keringési sebességének csökkenése (eltekintve az esetleges infrastrukturális fejlesztésektől) negatív változásokat idéznek elő a közlekedési munkamegosztásban [1].

A közösségi közlekedés sok szempontból hatékony közlekedési forma (pl. fajlagos energiafogyasztás, területfelhasználás), így mindenképp szükséges a járműveit „kiemelni” a forgalomból, előnyben részesíteni a közlekedésben résztvevő többi szereplővel szemben (azok túlzott „zavarása” nélkül). A közösség, a (valós vagy jövőben remélt) többség érdekeit kell szem előtt tartani

a közösségi közlekedés sebességének fokozásával, egyben időmegtakarítás realizálásával. Természetesen számos támogató és visszatartó intézkedés áll rendelkezésre, amelyek közül a közösségi közlekedés járműveinek előnyben részesítése egy nagyon hatékony eszköz.

Az előnyben részesítési eszközök alkalmazásával napjainkban két probléma merül fel. Az egyik, hogy a hangsúlyt sokszor csak egy-egy csomóponttra vagy hálózatrészre helyezik, ami az adott viszonylat hosszának csak töredékét jelenti. Mindez azt eredményezi, hogy a lokálisan jelentkező, kismértékű hason (pl. egy-másfél perces időmegtakarítás a csomópontban történő előnyitásnak köszönhetően) érhető el, sőt extrém esetben az is előfordulhat, hogy ami előnyt a jármű egy ilyen beavatkozásnak köszönhetően „megszerez”, azt a viszonylat többi részén elveszíti (pl. egyes autóbuszok rendszeresen „kiesnek” a zöldhullámból, mivel a jelzőlámpaprogram nem igazodik a buszsávban való haladáshoz, de a kötőpályánál is gyakori a csomópont előtti várakozás). A másik probléma, hogy gyakran önmagukban alkalmazzák ezeket az eszközöket, eljárásokat (legtöbbször a rendelkezésre álló források hiánya miatt), így bár a kiindulási állapoton sikerül javítani, de korántsem olyan mértékben, mint ahogy azt az eszközök együttes alkalmazása, kombinálása lehetővé tenné.

Érdemes tehát a ma is ismert és bevett, illetve újszerűnek számító előnyben részesítési eszkö-

zőket, eljárásokat együttesen és minél nagyobb mértékben alkalmazni, ezáltal növelve az utazási sebességre és eljutási időre gyakorolt pozitív hatást (a kombinálás által az egyedi előnyök akár még hatványozottan is jelentkezhetnek). Az eljutási idő (szűkebb értelemben véve az utazási idő) jelen esetben az előnyben részesítés eszközének (pl. szélső vezetésű buszsáv, közepén vezetett buszsáv, csomóponti előnyben részesítési stratégia stb.), helyének (pl. csomópont előtt, kritikus helyen stb.) és a közúti forgalom nagyságának (pl. szabad forgalom), mint eljárás-együtteseknek a függvényeként kerül definiálásra. Az egyes kombinációk összehasonlításának és ezáltal a részletes vizsgálatra „érdemes” együttesek kiválasztásának alapja tehát az utazási idő. Könnyű belátni, hogy akadnak olyan kombinációk, mint például külön pálya alkalmazása szabad forgalom mellett, amelyeknek nincs létjogosultsága (mivel a külön pálya akár telített forgalom mellett is zavarmentes haladást tesz lehetővé). Ugyanakkor egy szélső vezetésű buszsáv önmagában történő alkalmazása vagy egy buszsáv csomóponti előnyben részesítési stratégiával való „megtámogatása” – azonos forgalmi állapot mellett, ugyanolyan hosszban alkalmazva – indokolja, hogy a várható utazási időkön keresztül összehasonlításra kerüljenek.

2. AZ ELŐNYBEN RÉSZESÍTÉS ESZKÖZEI

A közösségi közlekedés járművei számára számos előnyben részesítési eszköz, stratégia áll rendelkezésre, amelyek különböző elvek szerint csoportosíthatók. Az alábbi kategorizálás szerint megkülönböztethetünk: [1]

- vonali eszközöket – azaz a közösségi közlekedés elkülönítését a közúti forgalomtól,
- csomóponti eszközöket – azaz építést nem igénylő forgalomtechnikai eszközöket,
- forgalomirányító központokat,
- egyéb eszközöket.

Az elkülönített rendszerek közé tartozik a buszsáv, a közös tömegközlekedési pálya, a kizárólagos behajtás és a külön pálya. A fázis-időtervbe történő beavatkozásnak, mint csomóponti eszköznek köszönhetően (járműérkezés detektálásától függően) lehetőség van fázisnyújtásra és igényfázis szolgáltatására, elő- vagy utónyitásra, fázis-sorrend-cserére [2]. A különféle stratégiák, mint például az előre meghatározott prioritási szintek (pl. menetrendi eltérés vagy a követési idő) szerinti előnyben részesítés ezekkel a csomóponti eszközökkel valósíthatók meg. A forgalomirányító központok segítségével „infrastrukturális beruhá-

zás” nélkül érhető el a kapacitások jobb kihasználása, a járművek zavarmentes közlekedtetése, míg az egyéb eszközök csoportját jellemzően a közúti forgalomtól való elválasztást biztosító elemek jelentik.

A jelenleg ismert előnyben részesítési eszközök mindegyike besorolható a fenti csoportosításba, de újszerű, kidolgozás alatt álló eljárások is megfigyelhetők egy-egy kategóriának. Az elkülönített rendszerek forrásigénye rendszerint magas (ami egyébként sok esetben az elterjedésüknek is gátja, a rendelkezésre álló hely hiányán felül), újszerű kialakítások megjelenése pedig nemigen várható, így ezeknek az elemeknek, mint statikus elemeknek az időbeli rendelkezésre állás változása, dinamizálása jelenthet megoldást.

A változtatható irányú sávok analógiájára a dinamikus buszsáv egy ilyen rendszer. Ebben az esetben a buszsáv, mint statikus elem időben változó megléte és a használatra jogosultak köre változik. Egy ilyen elemnek a célja – a közösségi közlekedési jármű megállástól mentes haladásának biztosításán felül – a kapacitások (amit egy buszsáv jelent) minél jobb kihasználása. Budapesten is több olyan viszonylaton találkozhatunk kijelölt buszsávval, ahol a követési idő 15-20 perc, illetve több olyan útszakaszon van mindkét – városközpont felé és kifelé – irányban is buszsáv kijelölve, ahol az iránynként jelentkező forgalmak nagy eltérést mutatnak a nap folyamán (pl. bevezető utak, ahol reggel be, délután ki irányban a forgalom jóval meghaladja az ellenkező irányét). Ezekben az esetekben a buszsáv, mint kihasználatlan kapacitás van jelen (a bevezető utakon természetesen mindig csak az egyik irányban). A forgalomtechnikai jellemzők (pl. követési idő és beengedhető járműszám) és kivitelezési megoldások (pl. kiürítés biztonsága, jogszabályi módosítások) helyes megválasztását és kialakítását követően a dinamikus buszsáv egy kompromisszumos megoldást kínálhat, a buszsáv kijelölési „procedúra” könnyebben végigvihető, amellyel a közúti kapacitás növekedése (a hagyományos buszsávhoz képest kisebb mértékű csökkenése) a közösségi közlekedés előnyének megtartása mellett érhető el.

A legtöbb fejlődés a csomóponti előnyadási stratégiák terén várható, ezen a területen napjainkban is számos kutatás folyik. Egy Magyarországon újszerű logika vizsgálata már folyamatban van [3], amely szerint a csomópontba érkező járművek száma helyett a csomópontban áthaladni szándékozó – egyéni és közösségi közlekedési – utasok számá-

nak maximalizálása képezik az irányítás alapját. Ez az eljárás mindenképpen hatásosabb, mint a közösségi közlekedési jármű érzékelésétől függő, feltétlen előnybiztosítás, hiszen a csomópont többi ágát (egyéni közlekedőket) abban az esetben jelentős hátrány érheti. Egy ehhez kapcsolódó logika, mégpedig az utasóra minimalizálását, mint irányítási célt megvalósító stratégia vizsgálata azonban mindenképp indokolt. Ez az eljárás, – ami szintén a csomópontban áthaladni szándékozó utasok számán alapszik – a közlekedésben résztvevők menetrendszerűségét is figyelembe veszi. Ez a közösségi közlekedés járművei esetén a menetrendhez képesti sietés vagy késés vizsgálatát jelentené, míg az egyéni közlekedők „menetrend szerintinek” lennének tekinthetők, így ők csak az utasszámmal kerülnének súlyozásra. Ezt a vizsgálatot az is indokolja, hogy az elérhető időmegtakarítás (és annak forintosított értéke) a különféle megvalósíthatósági tanulmányok és elérhető hasznok kimutatásának alapja. Egy egyszerű példán érzékeltethető a két eljárás közti különbség. Tegyük fel, hogy egy csomópont egyik („A”) ágában 20 utas (egy 15 fős busz és 5 személyautó) közlekedik, a menetrendhez képest az autóbusz 1 perc késéssel, míg a másik ágban („B”) 15 fő (köztük egy 10 fős busz), a menetrendhez képest 5 perc késéssel. Az utasszámon alapuló logika az „A” ágat részesíti előnyben (a fázisidőterv ez alapján kerül módosításra), míg az utasóra minimalizálásán alapuló logika a „B” ágat, hiszen az ő időfelhasználásuk (többletük) 50 perc, így indokolt lehet a „B” ág idővesztését minimalizálni. Amennyiben a közösségi közlekedési jármű menetrend szerint közlekedik, a logika lényeg-

ben megegyezik az utasszám alapú irányítással. Ezen stratégia megvalósítását a helymeghatározási és információs (menetrendszerűség vizsgálatához nélkülözhetetlen) rendszerek elterjedése, és a hozzáférhetőség növekedése is lehetővé teszi.

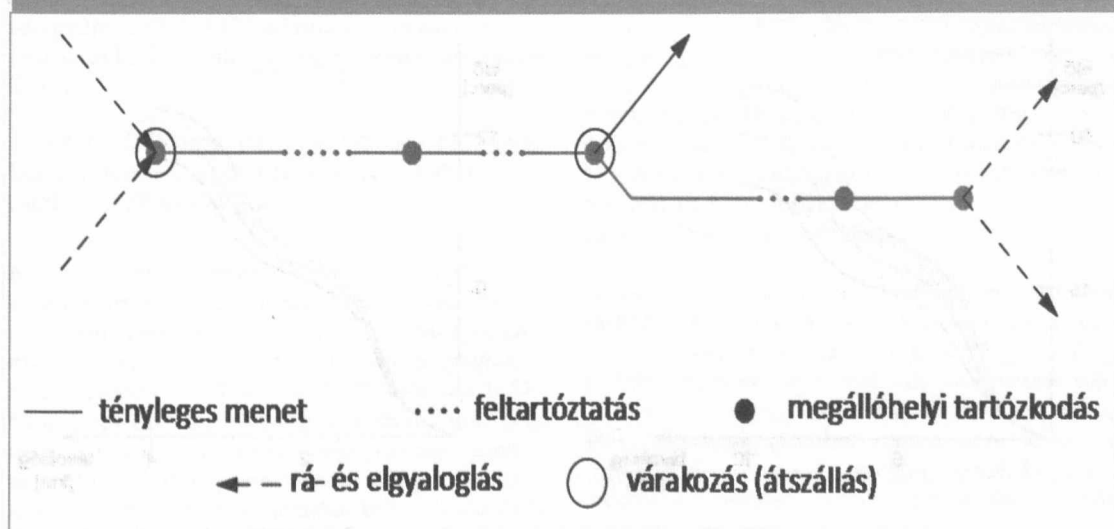
3. AZ UTAZÁSI IDŐ ÉS AZ ELŐNYBEN RÉSZESÍTÉS KAPCSOLATA

A helyváltoztatási lánc, mint eljutás, több részből épül fel. Egyrészt áll rá- és elgyaloglásból, megállóhelyi várakozásból vagy átszállásból, illetve a járművön töltött (utazási) időből. A járművön töltött idő tovább bontható tényleges menetben töltött időre (amikor a sebesség nagyobb, mint egy minimális érték, azaz a jármű halad), feltartóztatási időre (amikor a sebesség egy minimális értéknél kisebb, például forgalmi torlódás vagy csomóponti várakozás miatt) és megállóhelyi tartózkodási időre. A helyváltoztatás részelemeit az 1. ábra szemlélteti.

Az ábra kékkel jelöli a helyváltoztatás azon elmeit, amelyek az előnyben részesítéssel közvetlenül befolyásolhatók. Az utazási sebesség a tényleges menetsebesség növelésével (zavarmentes haladás) és a feltartóztatások számának és időbeli hosszának csökkentésével (továbbá részben a megállóhelyi tartózkodási idő csökkentésével, például buszszilip által) növelhető, ezáltal pedig az eljutási idő csökkenthető [4].

Ahhoz, hogy az utas számára vonzó szolgáltatást kínáljunk, az eljutási időnek minél rövidebbnek

1. ábra: A helyváltoztatási lánc elemei



kell lennie, de ami talán még ennél is fontosabb az a megbízhatósága, kiszámíthatósága. Ennek érdekében szükséges az eljutási időt előre becslő, az egyes beavatkozások (előnyben részesítések) hatását előrevetíteni. Amint az 1. ábra mutatja, az eljutási idő egy része befolyásolható „csak” közvetlenül az előnyben részesítés által, így a továbbiakban az utazási idő fogalom használata és vizsgálata indokolt (összhangban az angol travel time vagy running time kifejezésekkel).

Ugyanazon a szakaszon (viszonylaton), ugyanabban a napszakban az utazási idő sosem ugyanaz, azt nagyon sok véletlenszerű tényező befolyásolja, lényegében sztochasztikus elem. Az utazási időt – az alkalmazott előnyben részesítési eszközök (a később definiálásra kerülő eljárás-együttesek), – és az alkalmazott előnyben részesítési eszközöktől független befolyásoló tényezők (például időjárási körülmények, baleset, járművezető, mint emberi tényező stb.) határozzák meg.

Az utazási időt tehát – mivel nem ismerhetjük pontosan – valószínűségi változónak kell tekinteni. A 2. ábrán látható, hogy a távolság függvényében hogyan csökken a megbízhatóság (mindkét példa előnyben részesítés nélküli esetet szemléltet) [5].

Az ábra első fele hosszú viszonylat esetében, telített (csúcsidei) forgalomnál – mint egyik véglet – mutatja az utazási idő várható értékének lehetséges alakulását, míg az ábra második fele egy rövid viszonylat, szabad forgalom melletti utazási idő

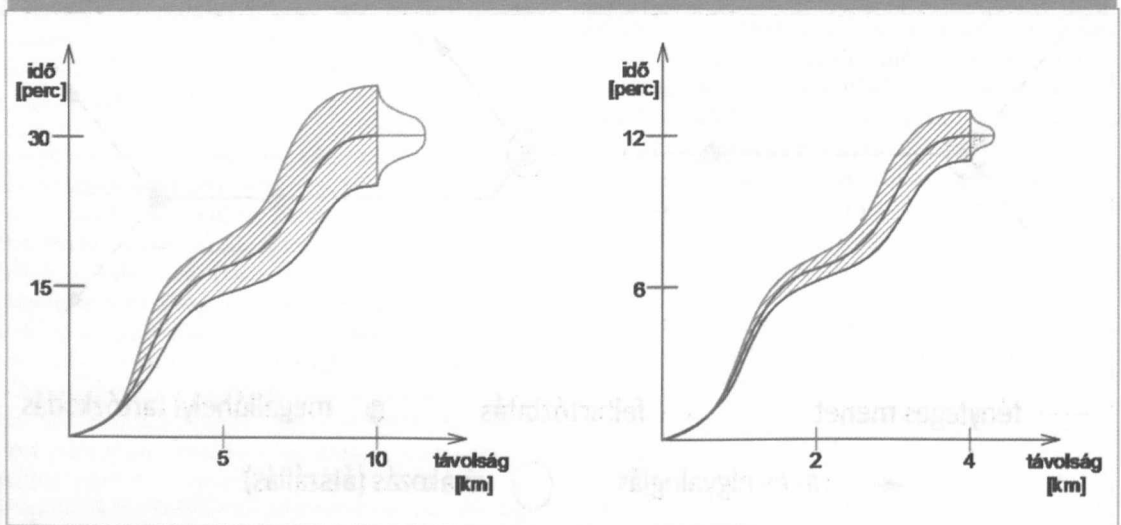
alakulását szemlélteti. Megállapítható, hogy minél hosszabb egy útvonal, annál nagyobb szórással kell számolni az utazás teljes idejét tekintve.

Az előnyben részesítéssel többféle célt tűzhetünk ki. Egyrészt lehetőség van a közösségi közlekedés járműveinek megállástól mentes haladását biztosítani, ez önmagában azonban nem lehet irányítási cél. Ezzel szoros összefüggésben az utazási idő minimalizálása már lehet célfüggvény, azonban különös tekintettel kell lenni arra, hogy a közlekedés egyéb résztvevőit milyen hátrány éri. A lehetőségekhez mért minél rövidebb utazási idő mellett a megbízhatóságának – utas szempontjából különösen fontos – növelése elengedhetetlen. A 2. ábrának tehát minél „laposabbnak” és minél „keskenyebbnek”, azaz kisebb szórásúnak kell lennie. Természetesen nincsen mód minden utazási időre ható negatív befolyásoló tényezőt kiiktatni, de az előnyben részesítéssel az említett szórás jelentősen kisebb marad, mint ha nem alkalmaznánk ilyen eljárásokat.

Az utazási idő (eljutási idő) számításához számos matematikai módszer áll rendelkezésre, amelyek kutatása napjainkban is folyik. Ezen módszerek (a teljesség igénye nélkül) azok, amelyek alkalmasak lehetnek az előrebecslésre [6,7]:

- regressziós módszerek;
- idősor előrebecslés historikus adatok felhasználásával;
- hibrid módszer;
- mesterséges intelligencia (MI vagy AI) eljárások;
- neurális hálózatok (NN vagy ANN, az MI-n belül);

2. ábra: Az utazási idő várható értéke és a távolságok melletti perem-sűrűségfüggvénye



- genetikus algoritmusok;
- K legközelebbi szomszéd-módszer (k-NN);
- Kálmán-szűrő.

A regressziós módszerek a számított és mért utazási idő között állítanak fel kapcsolatot. A hibrid módszer a historikus és regressziós módszerek eredményeinek lineáris kombinációjaként becsli előre az utazási időt. A mesterséges intelligencia csoportjába tartozó eljárások (NN, GA) a komplex, nemlineáris (heterogén, mint amilyen a közlekedési folyamat is) feladatok megoldására alkalmasak a különféle visszacsatolások által (ezek egy speciális algoritmusok többek között az SVM – support vector machine – is). Ezek az eljárások a visszacsatolás által „tanulnak”, mint például a genetikus algoritmusok, amelyek a természetes szelekciót követve a legjobb „egyed” kiválasztására törekednek. A legközelebbi szomszéd módszer (a napok közötti hasonlóság) keresési eljárás alapszik, míg a Kálmán-szűrővel hiányos információk estében is becsülhető a jövőbeni állapot.

A számítási módszereket természetesen egy-egy teszterületen, hosszabb betanulási időszak alatt kell vizsgálni. A hatékony paraméterezéshez, – amelyen nagyon sok múlik – mindenképp szükséges a befolyásoló tényezők ismerete, az előnyben részesítési eszközök és azok sajátosságainak „megismertetése” az egyes módszerekkel. Az irodalmi tapasztalatok alapján ezen eljárások sikeressége az alkalmazás körülményeitől nagyban függ.

Az adatgyűjtés elengedhetetlen, a korábbi idősorok egy újonnan bevezetésre kerülő eljárás-együttesnél természetesen nem állnak rendelkezésre, de meglévő szakaszokon, ahol ezeket az eszközöket alkalmazzák, lehetőség van adatgyűjtésre (pl. AVM adatok a forgalomirányító rendszerekből), ezáltal pedig a modellek finomítására.

4. AZ ELŐNYBEN RÉSZESÍTÉS HATÉKONYSÁGÁT KIMUTATÓ VIZSGÁLATI KOMBINÁCIÓK ÖSSZEÁLLÍTÁSA

A fejezet célja a részletes vizsgálatra alkalmas eljárás-együttesek összeállítása. Az utazási idő az előnyben részesítés eszközének, helyének és környezetének, azaz a közúti forgalom nagyságának függvényében kerül definíálásra. Könnyen belátható, hogy ezek kombinációinak száma magas és nem is indokolt minden összerendelés vizsgálata (például külön pálya hatását vizsgálni szabad forgalom mellett a viszonylat teljes hosszában

alkalmazva). Olyan eljárás-együttesek képzése (a három bemenő paraméter összerendelése) a cél tehát, amelyeken keresztül az előnyben részesítési eszközök hatékonysága – az utazási időre gyakorolt hatáson keresztül – minél jobban kimutatható, értékelhető, és amely lehetővé teszi az adott forgalmi körülményekhez legjobban illeszkedő eljárás kiválasztását.

A bemenő paramétereket, amelyek függvényében az utazási idő vizsgálatra kerül, az 1. táblázat tartalmazza, összhangban a 2. fejezettel (a stratégiák köre bővíthet a későbbiekben). Mint ahogy az a táblázatban látható, az idő (napszak) nem jelenik meg, mint bemenő paraméter, azt a forgalmi állapot hordozza magában. A külön pálya (E_s) elviekben a közúti forgalom zavaraitól teljesen mentes haladást tesz lehetővé, de szerepeltetése mindenképp indokolt, hiszen a forgalommal való találkozási pontok (csomópontok) vizsgálata szükséges. A csomópont előtt meghatározott hosszra való elkülönítés (H_c) a sávváltást, a megálló megközelíthetőségét lehetővé tevő, a jellemző torlódási hosszhoz igazodó távolságot jelenti, míg a kritikus hely (H_k) olyan szakaszt, ahol rendszerint torlódnak a közösségi közlekedés járművei (és indokolt a kiemelés). A viszonylat teljes hosszában alkalmazott elkülönítés (H_{v100} , mint például buszsáv a teljes vonalon) szerepeltetését a teljesség igénye indokolja, a gyakorlatban a magas beruházási költség és a vonalak sajátosságai miatt nem jellemző (pl. átmérős viszonylatok esetében a külső szakaszokon jellemzően nincs is szükség elkülönítésre).

Az eljárás-együttes párok (1-5) összeállítása tehát úgy történik, hogy egy-egy eszköz vagy forgalmi környezet hatása kimutatható legyen. Az összehasonlítás az utazási idő ($t_{cur,2}$) alapján történik, mégpedig úgy, hogy az egyes eljárás-együttesek az utazási időt milyen mértékben csökkentik, a megbízhatóságot (S – szórás) pedig milyen mértékben növelik. Minden párnál meghatározásra kerülnek, hogy mik az adott eljárás-együttes sajátosságai és hogy milyen beavatkozás, eszköz vizsgálatára lehetnek alkalmasak.

Az önmagában alkalmazott előnyben részesítési eszközök vizsgálata a cikknek nem célja, éppen ezért például az egyes stratégiák (E_{4usz} és E_{4uo}) hatékonyságának egymással való összevetése vagy buszsáv nélküli és buszsávval elkülönített szakaszok hatásának összehasonlítása nem képezi a vizsgálat tárgyát, azzal a megjegyzéssel, hogy természetesen minden esetben (így az eljárás-együt-

1. táblázat: Az utazási idő változói

Bemenő paraméterek			Megnevezés
Előnyben részesítés eszköze	Buszsáv	E1sz	szélen vezetett buszsáv
		E1k	középen vezetett buszsáv
	Közös pálya	E2	közös közösségi közlekedési pálya
	Külön pálya	E3	elkülönített közösségi közlekedési pálya
	Csomóponti előnyadási stratégia	E4b	egyszerű bejelentkezésen alapuló stratégia
		E4k	előny nyújtás késésben lévő járműnek
		E4usz	utasszámon alapuló logika
		E4uo	utasóra minimalizáláson alapuló logika
Előnyben részesítés helye	Csomóponti elkülönítés	Hcs	a csomópont előtt meghatározott hosszon
	Vonali elkülönítés	Hv25	a viszonylathossz 25%-ában
		Hv50	a viszonylathossz 50%-ában
		Hv75	a viszonylathossz 75%-ában
		Hv100	a viszonylathossz 100%-ában
	Kritikus helyen történő elkülönítés	Hk	kritikus helyen alkalmazva
Forgalom	Közúti forgalom nagysága	Fsz	szabad forgalom
		Fr	részben kötött forgalom
		Fk	kötött forgalom
		Ft	telített forgalom

tesek vizsgálatánál is) a kiindulási, vagyis beavatkozás nélküli helyzettel való összevetés indokolt lehet. A részletes vizsgálatra javasolt eljárás-együttesek az alábbiak:

Buszsáv létjogosultságának vizsgálati környezete:

$$\begin{aligned} t_{cur1} &= f(E_{1sz}, H_{v75}, F_{sz}) \\ t_{cur2} &= f(E_{1sz}, H_{v75}, F_t) \end{aligned} \quad (1)$$

– Szélen vezetett buszsáv (E_{1sz}) hatékonysága és a forgalmi zavaroktól (kanyarodó és szabálytalan forgalom) mentesség („kvázi” függetlenség) vizsgálata;

- A buszsáv a leggyakrabban alkalmazott előnyben részesítési forma;
- Minél hosszabb szakaszon (75%) kell történnjen a vizsgálat annak érdekében, hogy a forgalmi hatások kimutathatóak legyenek (a teljes elkülönítés a korábban részletezettekből kiindulva nem indokolt);
- A két határérték, azaz a szabad és telített forgalom melletti utazási idő meghatározása indokolt a létjogosultság és a közúti forgalom feltartóztató hatásának vizsgálatára.

Kritikus helyen alkalmazott buszsáv vizsgálati környezete:

$$\begin{aligned} t_{\text{cur}1} &= f(E_{1sz}; H_{v75}; F_k) \\ t_{\text{cur}2} &= f(E_{1sz}; H_k; F_k) \end{aligned} \quad (2)$$

- Indokolt a csupán kritikus helyen alkalmazott szélső vezetésű buszsávot vizsgálni, építési költségtakarékossági okokból;
- Az összehasonlítást indokolja az a tény is, hogy egy kritikus (torlódó) helyen kijelölt buszsáv negatív hatással is lehet, hiszen az a közúti forgalmat egészen addig torlaszthatja vissza, ahol a közösségi közlekedés járműveit nem emelik ki, így azok kénytelenek a torlódó forgalommal együtt haladni;
- A kritikus hely lehet csomópont előtt vagy a viszonylat egyéb, torlódó szakaszain (meghatározásának problémája a következő fejezetben szerepel), az összehasonlítás a közel teljes hosszban történő elkülönítéssel indokolt (a 75% a kritikus szakaszt és azt a részt is magába kell foglalja, ami kiterjed a visszatörlesztett szakaszra);
- A vizsgálatot kötött forgalmi állapot, azaz olyan forgalom nagyság mellett érdemes elvégezni, ami csúcsidei, de az esetek döntő többségében előforduló állapot (telített forgalom rendellenes forgalmi helyzetre utalhat).

Kiterjesztett buszsáv hatásának vizsgálati környezete:

$$\begin{aligned} t_{\text{cur}1} &= f(E_{1sz}; H_{cs}; F_k) \\ t_{\text{cur}2} &= f(E_{1sz} + E_{4b}; H_{cs}; F_k) \end{aligned} \quad (3)$$

- Indokolt a buszsávban végighaladó jármű által megszerezhető előny, valamint a csomópont feltartóztató hatásának összehasonlítása. Az előny megtartása érdekében (kötött pályánál hasonló módon) szükséges a buszsáv alkalmazását csomóponti stratégiával „megtámogató” eljárás-együttes vizsgálata;
- A bejelentkezésen (járműérzékelésen) alapuló logikával kiegészített buszsáv képezi az összehasonlítás alapját, mivel napjainkban ez a leggyakrabban alkalmazott előnyadási stratégia;
- Az összehasonlítás alapjául mindkét esetben egy rövid, csomópont előtti elkülönítés használata indokolt – kötött forgalmi állapot mellett –, kimondottan a csomóponti áthaladás körülményeinek vizsgálatához (a viszonylat többi része ebben az esetben irreleváns).

Csomópont feltartóztató hatásának vizsgálati környezete:

$$\begin{aligned} t_{\text{cur}1} &= f(E_{1sz} + E_{4usz}; H_{v75}; F_k) \\ t_{\text{cur}2} &= f(E_{1sz} + E_{4uo}; H_{v75}; F_k) \end{aligned} \quad (4)$$

- A lehatárolás szerint önálló stratégiák nem kerülnek összehasonlításra, de hogy önmagában a csomóponti lefolyás (többi ágtól való függés) vizsgálható legyen, a két stratégia között érdemes az összehasonlítást megtenni „kvázi” zavarmentes (a viszonylat többi részétől független) haladás és kötött forgalom mellett;
- A zavarmentes haladást a viszonylat döntő részén alkalmazott elkülönítés (H_{v75}), a zavarérzékenységet az utasóra minimalizáláson alapuló logika (a menetrenden keresztül), a nagy keresztirányú forgalmat pedig a kötött forgalmi állapot hordozza magában.

Mindezeket a vizsgálati környezeteket (1-4) indokolt alkalmazni középén vezetett buszsávra is (E_{1k}).

A külön pálya a forgalom zavaraitól teljesen mentes haladást tesz lehetővé (a megálló-elhelyezésnek is alkalmazkodnia kell ehhez), így különféle forgalmi állapotok melletti vizsgálatnak nincs értelme, azonban a forgalommal való találkozás vizsgálata (5) elengedhetetlen.

Forgalommal való találkozási pont vizsgálati környezete:

$$\begin{aligned} t_{\text{cur}1} &= f(E_3; H_{v100}; F_k) \\ t_{\text{cur}2} &= f(E_3 + E_{4usz}; H_{v100}; F_k) \end{aligned} \quad (5)$$

- A forgalommal való találkozás vizsgálatához teljes hosszban elkülönített pálya, telített forgalmi állapot (csomópontot elhagyni nem tudó járművek szimulálásához) és valamely csomóponti stratégia használata indokolt.

5. VÁRHATÓ EREDMÉNYEK, TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

Két módon lehet az utazási időt és a bemenő paraméterektől való függést vizsgálni. Egyrészt lehetőség van forgalomszimuláció elvégzésére. Az eljárás-együttesek vizsgálatához több forgalomszimulációs futtatás szükséges, a véletlenszerűen beléptetett és a forgalom sztochasztikus mivoltát reprezentáló közúti forgalom miatt. Az így előálló pontsorozatok (t_{cur} értékek az út-idő diagramban) a statisztikai jellemzőiken (szórás, súlyozott átlag stb.), és a szimulációs mutatószámokon (pl. megállások számán) keresztül hasonlíthatók össze és értékelhetők.

A másik lehetőség a jól paraméterezett matematikai módszerekkel való előrebecslés, ezek

kiértékelése és szimulációs futtatásokkal való összevetése is indokolt az értékelés finomítása érdekében.

Az egyes eszközök hatékonysága várhatóan a forgalom sűrűségétől (pl. jelentős kanyarodó forgalom) nagy mértékben függ, ezért indokolt szabad és kötött forgalom mellett is elvégezni a vizsgálatokat (1). Szabad forgalomnál valószínűsíthető, hogy a forgalom utazási időre gyakorolt hatása kicsi, amely esetben nem szükséges az eszköz állandó rendelkezésre állását fenntartani, annak időben változó használata (pl. dinamikus buszsáv) lehet indokolt. A leggyakrabban alkalmazott előnyben részesítési eszköz, a buszsáv esetében nélkülözhetetlen egyéb eszközökkel (stratégiákkal) való megátogatás vizsgálata (3-4). Gyakori ugyanis az a probléma, hogy ami előnyt a közösségi közlekedés járművei „megszereznek”, azt a csomóponti támogatás hiányában „elveszítik”. A járművek egy-egy szakaszon történő kiemelése is érinteti hátrányosan a teljes utazási időt abban az esetben, ha a visszatörlesztett forgalom miatt nincs mód az elkülönített szakasz elérésére (2). Mindezekon felül természetesen számos további, részletes vizsgálattal még meg nem alapozott eredmény, feltárt összefüggés várható.

Tovább lépésként szükséges a felállított eljárás-együttesek részletes vizsgálati környezetének definiálása. Első lépésként el kell dönteni, hogy fiktív hálózatrészen vagy valós környezetben történik a szimuláció. (Természetesen mindkét esetben is a vizsgálatnak ugyanazon hálózatrészen vagy szakaszon kell történnie, így elemezve az egyes kombinációk utazási időre gyakorolt hatását és hatékonyságát.) Szükséges a hálózat és a bemenő paraméterek minél pontosabb leképezése a szimuláció során:

- az eszközök esetében az elkülönített pálya (pl. buszsáv és külön pálya) és a közúti forgalom közötti átadás-átvétel, többek között a kanyarodó forgalom és a szabálytalan sávhasználat leképezése [8];
- a csomóponti stratégiákhoz szükséges paraméterek (pl. járműben ülő utasszám, menetrendi adatok) rendelkezésre állásának biztosítása;
- a forgalom, mint harmadik bemenő paraméter esetében az egyes állapotokhoz tartozó forgalomnagyság és sűrűség értékek [8] meghatározása, amely értékeknek rugalmasan változtathatóknak kell lenniük;

- további eljárás-együttesek felállítása a tárgyalta kombinációk vizsgálati eredményeinek tükrében.

Szintén a részletes vizsgálat előtt kell az esetlegesen felmerülő bizonytalanságokat meghatározni, és megszüntetni:

- viszonylatok kritikus helyének (H_k) megtalálása az üzemeltetői tapasztalatok és a (rész) menetidők, mint historikus adatok vizsgálata alapján;
- a csomópont előtti elkülönítés (H_{cs}) távolságának meghatározása a jellemző torlódási hosszak figyelembevételével.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tartalom azon a felismerésen alapszik, hogy az egyes előnyben részesítési eszközök önmagukban történő, szigetszerű alkalmazása miatt az elérhető előnyöket nem lehet teljes mértékben kihasználni, ezért azok együttes alkalmazása indokolt. A vizsgálat célja volt – két új előnyben részesítési eljárás, a dinamikus buszsáv és az utasóra minimalizálásán alapuló stratégia bevezetésén túl – megmutatni, hogy milyen előnyben részesítési eljárás-együttesek részletes vizsgálatára lehet szükség annak érdekében, hogy az egyes eszközök hatékonysága – az utazási időre, mint valószínűségi változóra gyakorolt hatáson keresztül – minősíthető, értékelhető legyen. Az eredmények tükrében (és a költségoldal figyelembevételével) a továbbiakban lehetőség van arra, hogy a legjobb, leghatékonyabb előnyben részesítési eljárást lehessen alkalmazni és a megadott környezetre „szabni”.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0009 program támogatja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Kózel Miklós: A BRT (Bus Rapid Transit) bemutatása, előnyben részesítési eszközként való megközelítése. Közlekedéstudományi Szemle, LIX. évf. 2009/3 pp. 45-54.
2. Polgár János – Tettamanti Tamás – Dr. Var-

ga István: Városi kereszteződés forgalomfüggő irányítása autóbusz-előnybiztosító stratégiával. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia, 2010. szeptember 2-4.

3. Polgár János – Tettamanti Tamás – Dr. Varga István: Utasszám alapú forgalomirányítás városi, jelzőlámpás csomópontban. Közlekedéstudományi Szemle, LXI. évf. 2011/6 pp. 30-37.

4. Kövesné Dr. Gilicze Éva: Térbeni-időbeni intézkedések a városi közforgalmú közlekedés minőségének javítására. Városi Közlekedés, XXXVI. évf. 1996/3 pp. 147-151.

5. Soltész Tamás – Kózel Miklós – Dr. Csizsár Csaba – Centgráf Tamás – Dr. Benyó Balázs:

A közúti útvonalfoglalás koncepciója. Városi Közlekedés, L. évf. 2010/4 pp. 231-235.

6. Dr. Tóth János – Dr. Juhász János – Schvanner Norbert: Dinamikus utazásiidő-előrebecslés és a városi forgalomirányító rendszerek. Városi Közlekedés, LIX. évf. 2009/5 pp. 278-281.

7. Bin Yu, William H.K. Lam, Mei Lam Tam: Bus arrival time prediction at bus stop with multiple routes. Transportation Research Part C, Volume 19. 2011/6 pp. 1157-1170.

8. Tamas Peter – Michael Basset: Application of new traffic models for determine optimal trajectories. International forum on strategic technologies, 2009. október 21-23.



Efficient possibilities for the combination of the public transport priority treatments

Until recently several studies have been published about public transport prioritization examining effects of single treatments, procedures or strategies. In order to have multiplied gains it is expedient to apply these treatments combined. The purpose of this paper – besides predicting the expected results - is to find and set up effective and reasonable priority treatment combinations and try to indicate combined procedures which worth detailed examination through the running time as a comparative parameter.



Wirksame Kombinerungsmöglichkeiten der Mittel zur Förderung des öffentlichen Verkehrs

Es wurden bis heute zahlreiche Artikel, Studien veröffentlicht, die die Auswirkungen einzelner Mittel, Verfahren, Strategien zur Förderung untersuchen. Es ist zweckmäßig, die einzelnen Methoden kombiniert anzuwenden, damit multiplizierte Ergebnisse erreicht werden können. Das Ziel der Studie ist es – neben dem Versuch, über die zu erwartenden Wirkungen eine Prognose zu geben –, die rationalen Möglichkeiten für die Kombinierung der Förderungsmethoden zu finden. Darüber hinaus es wird – über den Vergleichsparameter Reisezeit – ein Leitfaden für die Kombinationen von Verfahren, die für ausführliche Untersuchung wert sind, dargestellt.

E SZÁMUNK LEKTORAI:

Horváth Lajos
Dr. Katona András
Dr. Péter Tamás
Dr. Tánczos Lászlóné
Dr. Várlaki Péter

Új hálózati modell, nagyméretű légiforgalmi hálózatok vizsgálatára

A légi forgalom növekedésével a légi irányításnak is újabb feladatokat kell megoldani, ami a régi módszerek alkalmazásával már lehetetlen. Az új hálózati modell alkalmas a nagyméretű légiforgalmi hálózatok vizsgálatára, amelynek eredményeként új lehetőségek tárulnak fel az irányítás területén.

Dr. Péter Tamás – Szabó Krisztián

e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu ;
szabo.krisztian@mail.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A légi folyosók alkalmazása már közel húsz éve megszűnt. Jelenleg a forgalom légi útvonalakon zajlik. A kettő között az a legfontosabb különbség, hogy a légi útvonalnak nincs oldalirányú kiterjedése.

A légtérszerkezet korszerűsítése és átalakítása folyamatos feladat. A légtérszerkezet átalakítása részben azt jelenti, hogy új légi útvonalakat alakítanak ki az érkező, illetve induló gépek számára. Erre akkor van szükség, amikor a régi rendszer már nem bírja el az időközben erősen megnövekedett forgalmat.

Ezzel együtt nagyon fontos szerep hárul a légiirányító rendszerek korszerűsítésére és a légiirányítók felkészítésére is, mert veszélyeket is rejt magában minden új rendszer, ha a légiirányítókat nem készítették fel megfelelően [Szabó K., Szabó G., és Renner P., 2009]. A jelentős gazdasági kihívások is megkövetelik a korszerű irányítást és az útvonalhálózat megfelelő kialakítását.

Egy légiforgalmi hálózatonál jelentkező késedelem igen jelentős költségtöbbletet idéz elő. A repülés közbeni késések miatt a többlet üzemanyag-felhasználásból eredő költségek mellett további költségek merülnek fel, ill. származnak, pl. az elszállított csatlakozásokból is.

Ezen a területen ezért sok algoritmus a légiforgalmi folyamatirányítás céljaként, legalább részben,

a késedelem minimalizálását követeli meg, például [Bertsimas and Patterson, 1998] és [Krozel et al, 2006].

További problémát jelent az, hogy gyakran maximális teljesítményeket terhelnek a légtér régióira. Különösen fontos ezért az, hogy az irányítók biztonságosan irányíthassák a repüléseket a zsúfolt területeken keresztül is. Ebből a célból, a légi forgalomáramlás irányításának egy fontos feladata az olyan irányítás megvalósítása, amely biztosítja, hogy a kapacitáskorlátokkal találkozva szintén optimális irányítás valósuljon meg.

A minimalizálandó késedelem kapacitáskorlátokkal történő irányítás különös érdeklődéssel bír a légi forgalomáramlás irányítás területén. Például a légáramlás és az időjárási események korlátozák azon repülőgépek számát, amelyek az érintett területeken keresztül biztonságosan irányíthatók, mivel ilyen esetekben a kapacitáskorlátok megváltoznak a légtér régióiban.

2. A LÉGI IRÁNYÍTÁS KUTATÁSA

Az érintett irányítás pozitív osztályba sorolt rendszerekre vonatkozik. Ilyen csoportba tartoznak a hálózatba kapcsolódó tározók között dinamikusan mozgó folyékony anyagok, amennyiben a tömegmegmaradási törvények fennállnak és az alapstruktúra maga az összekapcsolódó hálózat, [Bastin, 1999]. Ilyen rendszerek lehetnek pl. a természetes kényszerekkel rendelkező összefüggő víztárolók bármilyen rendszere, mint amilyenek például az öntözésre épített hálózatok [Cantoni et al, 2007].

Ezeket a modelleket arra használják, hogy sokaságot írjanak le különböző rendszereknél, pl. a közlekedési rendszereknél is, amelyek a közutakon

gépkocsiáramlást, illetve a légtérben légiforgalmi áramlást tartalmaznak, és a szabályozás számító-gép-csoportokkal történik [Fu et al, 2006]. Az Euler modell használata légiforgalmi áramlási irányítás problémákban részben azért is vált népszerűvé, mert ezek a modellek alkalmasak hagyományos, lineáris rendszerirányítási tervezésre is. Például, lineáris kvadratikus szabályozóelméletet használtak [Menon et al, 2004]. Mindazonáltal, az így meghatározott irányítás nem biztosítja azt a zárt hurokrendszert, amelynek szintén pozitívnaak kellene maradnia, ezért további kényszereket kellett alkalmazni, hogy pozitív reakciót biztosítsanak. Probléma az is, hogy ez a szabályozási terv csak egy megközelítése a vezérlőparaméterként használt áramlásarányoknak. További néhány létező módszer a légiforgalmi folyamatirányításra: Euler modelleket alkalmaz útvonal meghatározásra, például [Le Ny and Balakrishnan, 2009]. Ők a nemlineáris irányítási technikát Max Weight (maximális súly) elv alapján adják meg. A repülések együttes célja alapján irányítanak [Menon et al, 2004].

A légi közlekedési szektorok esetén, a hálózaton keresztül történő áramlást írja le a légiforgalmi áramlásiirányítási területén [Arneson and Langbort, 2009] pozitív, konzervatív rendszerek alkalmazásával. Ebben a munkában a statikus irányító paraméterek tervezésére koncentrálnak lineáris módszerekkel, az egyetlen célhálózaton az összes késések minimalizálásának igényével, mialatt további késedelemkényszereket vagy kapacitáskorlátokat elégitenek ki. Az áramlás egy adott hálózati részből több más hálózati részbe, köztük saját magába is újra beléphet. A hálózatban a végső részek azok, amelyek kivezetések. A hálózat mindegyik részének csatlakoznia kell egy kivezetéshez, ezért legalább egy útvonalnak kell lennie a hálózat mindegyik részéről egy végső (légikikötő, repülőtér) részhez. Az „i.” rész állapotát jelöli x_i , ez valamennyi légi járművet képviseli ebben a részben. Felteszik, hogy az áramlás mindegyik részben állandó sebességgel történik, és egy szekció bejárati ideje $\tau_i > 0$. Az áramlás egyes esetekben vissza is folyhat (recirkuláció is felléphet) abba a részbe, amelyből éppen kiindult. Viszont végül minden, az áramlásban részt vevő légi jármű egy végső részben ki fog lépni a hálózatból. Az „i.” rész kiáramlásának részei a $\{\beta_{ij}\}$ irányító paraméterek szerint történnek. A hálózat konzervatív, tehát minden olyan áramló anyagnak, amely kilép egy adott „i” részből, egy következő részben meg kell jelennie. A szerzők három problémát mutattak be (1. késedelem-minimalizálás, 2. késedelem-mini-

malizálás és további késedelem-megszorítások kielégítése, amelyek a hálózati állapotokra vonatkozó integrálformulával megadott kikötések és 3. kapacitási megszorítások kielégítése), amelyet légiforgalmi tervezésre, statikus útvonal-paraméterek irányításával használtak. Pozitív konzervatív rendszert alkalmaztak, amely a hálózatokon keresztüli anyagáramlást képviselte. Ezekkel a technikákkal egy kis hálózat forgalomirányítását végezték el.

A jövőbeli munkák azt célozzák meg, hogy az irányítási tervhez át kell alakítani azokat az eszközöket is, amelyeket bemutattak. Ez egyrészt időfüggő paraméterek irányítását jelenti, másrészt a kényszereket is megváltoztatja. A robusztus optimalizálásról szóló munkák további segítséget nyújthatnak ebben a törekvésben. További feladat lehet a fentiek kiterjesztése, és különböző légiforgalmi modellekben többkritériumos célok kezelése, pl. [Le Ny and Balakrishnan, 2009] vonatkozó eredményeinek az alkalmazásai.

3. MAKROSZKOPIKUS MODELLEZÉS ÉS A POZITÍV RENDSZEREK OSZTÁLYÁNAK FELHASZNÁLÁSA

Az előzőekben láttuk, hogy dinamikus rendszerek nyerhetők valamilyen folyékony anyag hálózati tározóinak összekapcsolása során, amely szemlélet eredményesen alkalmazható a különböző felszíni, ill. légi közlekedési áramlási modelleknél is.

A makroszkopikus modellek esetében a forgalmat egy közeg áramlásaként kezeljük „ún. folyadék- vagy gázáram megközelítést” alkalmazva. A közlekedési folyam, forgalom (traffic flow) leírására, a forgalom és egy folyadék árama közötti analógiából kiindulva [Lighthill and Whitham, 1955] és [Ashton, 1966] vizsgált makroszkopikus modellt. A közlekedési folyam folytonossági elve két összefüggésen alapul, az egyik a folytonossági egyenlet, amely kifejezhető, mint a járművek megmaradásának törvénye, a másik a fundamentális egyenlet. A forgalom változását néhány fő jellemző – járműsűrűség, forgalomsebesség és forgalomáramlás – funkciójaként határozzák meg. Ezek a modellek a legegyszerűbb lineáris kapcsolattól [Greenshields, 1934], egyre bonyolultabb és összetettebb irányba fejlődtek [Greenberg, 1959] (Greenberg, NWU modell, Drew modell, diffúziós modellek). A hagyományos makroszkopikus modellezés kiválóan alkalmas hálózati szintű vizsgálatra.

A közlekedési folyamatok makroszkopikus modellezésénél természetes módon fellépett a pozitív rendszerek osztálya fogalom is.

A pozitív rendszerek első definícióját [Luenberger, 1979] adta meg: A pozitív rendszer egy olyan rendszer, amelyben az állapotváltozók nemnegatívak. A vizsgált közlekedési folyamatok többségében az állapotok eredeti fizikai jelentése alapján megfelelnek ennek. A klasszikus irodalomban a közlekedési folyamatok leírása során a legtöbb esetben általános lineáris rendszeregyenleteket állítanak fel, és nem használják ki a folyamat pozitív tulajdonságait. Azt gondolhatjuk, hogy az általános lineáris rendszereknél megismert tulajdonságok minden probléma nélkül igazak a pozitív rendszerekre is, azonban ez nem így van [Varga, 2007]. A pozitív rendszerek irányíthatóságának és megfigyelhetőségének feltételei nem vezethetők le egyértelműen az általános rendszereknél megismert módszerekből. A probléma különösen igaz, ha nemcsak az állapotokra, de még a beavatkozó jelre is nemnegatív értékkészletet követelünk meg. Ezért, a közúti folyamatok tisztán pozitív rendszerként történő leírása irányítástechnikai szempontból nem triviális feladat. Az irányítási feladat ebben az esetben azt jelenti, hogy úgy kell egy állapotból egy másik állapotba irányítani a rendszert, hogy az állapotátmenet közben is érvényes, hogy nemnegatív értékeket vehetnek fel az állapotok. A tárgykörben a rendszerek leírását és irányíthatóságát [Caccetta and Rumchev, 2000] és [Farina and Rinaldi, 2000] rendszerező munkái, továbbá [Bacciotti, 1983], [Coxson and Shapiro, 1987] és [Valcher, 1996] adták meg. [Boothby, 1982] és [Sachkov, 1997] publikációikban az irányításelméletben alkalmazott A valós mátrixot tekintve kijelenthető a következő tétel: A rendszer pontosan akkor pozitív, ha az A mátrix Metzler mátrix, azaz a főátlón kívüli elemek mind nemnegatívak (a főátlóban lévő elemek pedig tetszőlegesen lehetnek).

4. AZ ÚJ HÁLÓZATI MODELL LÉTREHOZÁSA

4.1. A témakörben a felszíni közlekedés makroszkopikus modellezése a legbonyolultabb

A közúti közlekedés korszerű tervezéséhez és korszerű szabályozásához elengedhetetlen a közlekedési folyamatok mélyebb ismerete. A hagyományos modellezési szemlélet alkalmazása sok megválaszolatlan kérdést vet fel, és állandóan méretproblémákkal küzd.

A folyamatokat leíró közúti közlekedési rendszerek nagyméretű sztochasztikus dinamikus rendszerek. Nyilvánvaló, hogy egy közúti közlekedési hálózati modell igen bonyolult dinamikus rendszer:

- Számos geometriai jellemző szab feltételeket.
- Számos egyedi szabályozás működik.
- A párhuzamos sávok hatással vannak egymásra. Ez a kölcsönhatás, ami egymásra történő átdolgozás és egymás zavarása, befolyásolja a párhuzamos sávokon kialakuló járműsűrűséget és a járművek sebességét.
- A szembejövő járművek is kölcsönhatással vannak egymásra. Ez a kölcsönhatás természetes módon érvényesül a bizonytalan vezetőknél, de elsősorban az előzések következtében fellépő zavarásban, illetve este, a szembe jövő járművek világításának zavaró hatásában mutatkozik meg.
- A definiált parkolók, valamint az utak melletti parkoló sávok a klasszikus hálózati működésében „idegen elemek”, ugyanakkor az ott leparkolt járművek is kölcsönhatásban vannak azokkal a hálózati szakaszokkal, ívekkel, amelyekkel közvetlen forgalmi kapcsolatban állnak. Ez, az időben változó intenzitású kapcsolat képes pl. önmagában is csúcsterhelést létrehozni a vizsgált hálózaton anélkül, hogy erre a hálózatra egy definiált külső hálózatról forgalom érkezne be.
- Járműátadást érintő belső automatizmusok is működnek a kapcsolatban álló hálózati elemek között. Pl. hiába zöld a lámpa, nem történik átadás, ha túl nagy a járműsűrűség a felvevő szakaszon vagy nulla az átadó szakaszon.
- Nagyszámú résztvevő kap szerepet.
- Jelentős befolyása van a humán tényezőknek.
- Sokféle külső tényező, szezonális hatások, időjárás, útminőség, útszélesség, domborzat stb. is közrejátszik.

Mindezek ellenére a használható modellekkel szemben alapkövetelmény a hatékonyság:

- a modell vegyen figyelembe minden olyan elemet, amely a rendszer működése során tényleges hatást gyakorol, és elhanyagolása eltorzítaná az eredményeket;
- matematikailag legyen korrekt és megalapozott;
- a szimuláció esetén numerikusan gyors legyen;
- szabályozás esetén valós idejű szabályozás valósuljon meg.

4.2. A nagyméretű közúti hálózati modell létrehozásánál nyert tudományos eredmények összefoglalása

A modellezés szempontjából egyik fontos új szerkezeti eredmény, hogy egyazon elemek sokaságából épül fel a közúti hálózat dinamikus modellje, és minden x_i állapotjellemző értékkészlete a $[0,1]$ intervallumban helyezkedik el. Tehát ennek következtében a parkolók szintén általáno-

sítozott szakaszokként kezelhetők a modellben, és ugyanolyan dinamikus elemei a hálózatnak, mint a sávok [Péter T. és Bokor J., 2007], [Péter T., 2007.1] és [Péter T., 2007.2].

Másik fontos új szerkezeti eredmény, hogy a térkép-gráfától függetlenül, a nagyméretű közúti közlekedési hálózati folyamatok matematikai modellezésére egységes, hipermátrix struktúra adható meg, amely egy nem feltétlenül egyszerűen összefüggő tartományban elhelyezkedő hálózat esetén leírja a hálózati elemek közötti teljes kapcsolatrendszert (belső-belső, külső-belső, belső-külső és a külső-külső kapcsolatokat) [Péter T., 2005], [Péter T. és Bokor J., 2006], [Péter T., 2007.1] és [Péter T., 2007.2].

A dinamikus modell új felírása szolgál alapul a rendszer folyamatainak számítására és azok irányítására. Ezzel kapcsolatban tetszőlegesen zárt görbe által körülhatárolt tartomány esetében megadtuk a belső és külső hálózat működését egyszerre leíró általános hálózati modellt és a belső és külső hálózati folyamatok működését leíró nemlineáris pozitív differenciálegyenlet-rendszert [Péter T., 2008].

A belső és külső hálózat működését egyszerre leíró általános hálózati modell a következő:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle L \rangle^{-1} \\ \langle P \rangle^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{11}(x, s) & K_{12}(x, s) \\ K_{21}(x, s) & K_{22}(x, s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ s \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ahol: $\langle L \rangle$ és $\langle P \rangle$ a belső és külső hálózati szakaszok hosszát tartalmazó diagonális mátrixok:

$$\langle L \rangle = \langle l_1, l_2, \dots, l_n \rangle, \quad \langle P \rangle = \langle p_1, p_2, \dots, p_m \rangle \quad (2)$$

A K_{11} és K_{22} fődiagonálisában 0 vagy negatív értékek lépnek fel. Az összes mátrix minden más eleme 0 vagy pozitív értéket vesz fel.

x a belső szektorok állapotjellemző vektora,
 s a külső szektorok állapotjellemző vektora,
 \dot{x} a belső szektorok állapotjellemző vektorának idő szerinti deriváltja,
 \dot{s} a külső szektorok állapotjellemző vektorának idő szerinti deriváltja.

$$x = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}, \quad s = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ \vdots \\ s_m(t) \end{bmatrix}, \quad \dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \vdots \\ \dot{x}_n(t) \end{bmatrix}, \quad \dot{s} = \begin{bmatrix} \dot{s}_1(t) \\ \dot{s}_2(t) \\ \vdots \\ \dot{s}_m(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

A modell általánosításával megadtuk a globális hálózati folyamatok működését leíró nemlineáris pozitív differenciálegyenlet-rendszert is [Péter T., 2011.1], [Péter T., 2011.2].

Irányítás szempontjából fontos a következő eredmény: Ljapunov függvények módszerével kimutattuk, hogy a tetszőlegesen zárt görbe által körülhatárolt tartományban az autonóm rendszer aszimptotikusan stabilis. A nem autonóm rendszerrel a peremekre vonatkozó Ljapunov függvényt alkalmazó irányítási törvényt adtuk meg, amely elégséges feltételt ad a rendszer aszimptotikus stabilizálására, és dinamikusan alkalmazható a teljes tartományon, illetve azokon a szubtartományokon, ahol kritikus helyzet lép fel [Péter T., 2009], [Péter T., Bokor J., 2010.] és [Péter T., Bokor J., 2011]. Az irányítás egyaránt figyelembe veszi a tartományba belépő és a tartományból kilépő járműsűrűségeket is [Péter T., Bokor J., 2010], [Péter T., Bokor J., 2011], [Péter T., 2011.3] és [Péter T., Fülep T., Bede Zs., 2011].

4.3. A nagyméretű közúti hálózati modellnél alkalmazott jellemzők összefoglalása

- A modellünkben $0 \leq x_i(t) \leq 1$ normált járműsűrűség állapotjellemzőt használunk ($i=1, \dots, n$). Az egy szakaszon „v.” szektorban tartózkodó járművek együttes hosszát osztjuk a szakasz hosszával. Ez a számítás alkalmazható a parkolók esetében is, így a parkolók is általánosított szakaszok a modellben.
- A modellezés tárgya egy nemlineáris pozitív rendszer. A hálózaton változó sebességgel és az általunk definiált időtől függő $\alpha_{ij}(t)$ -vel jelölt szétosztási tényezőkkel áramlik az „anyag”. Az anyagot a közúti járművek testesítik meg. A sebesség a járműsűrűségtől függ, maximuma szakaszonként limitálva van. A sebességfüggvényt befolyásolja az időjárás, a látási viszonyok, az út geometriája, minősége és szélessége.
- $\beta_{ij}(t)$ -vel jelöljük az egyes szakaszok átadásánál fellépő akadályozást ($0 \leq \beta_{ij}(t) < 1$) vagy rásegítést ($1 < \beta_{ij}(t)$).
- $0 \leq u_{ij}(t) \leq 1$ kapcsolási függvény az egyes szakaszok átadásánál működő forgalmi lámpák hatását veszi figyelembe.
- A párhuzamosan haladó szakaszok (sávok), továbbá szakaszok és parkolók is adnak át egymásnak járművet a hálózaton. Ezt az átadást $0 \leq \gamma_{ij}(t)$ vagy $0 \leq \gamma_{ij}(x_i(t), x_j(t), t)$ arányossági függvény veszi figyelembe.
- Belső tiltó automatizmusok is működnek a hálózaton: j-ből nem adhatunk át i-re, ha „i” tele van,

$x_i(t)=1 \rightarrow S(x_i(t))=0$. Ugyancsak j -ből nem adhatunk át i -re, ha „ j ” üres $x_j(t)=0 \rightarrow E(x_j(t))=0$. A normált állapotjellemzők alkalmazásával ezek a feltételek egyszerűen követhetők. Ezek biztosítják a modellben, hogy nem veszünk el „anyagot” onnan, ahol nincs (sűrűség nem lép negatív tartományba), és nem adunk oda, ahol a sűrűség már elérte az 1-et.

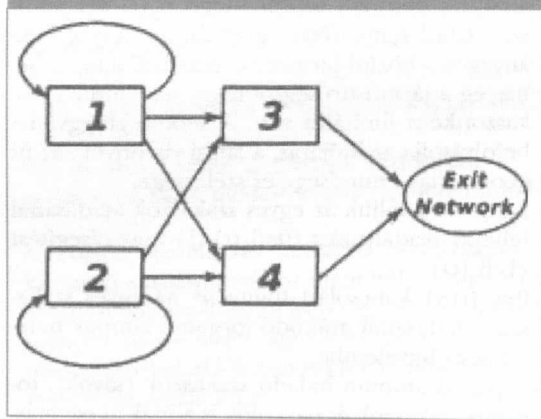
- A hálózatot egy „ G ” zárt görbével körülkerített, nem feltétlenül egyszerűen összefüggő tartományban vizsgáljuk. Azon külső szakaszokon, amelyek közvetlen átadási/átvételi kapcsolatban vannak valamely hálózati szakasszal, mérjük a normált $0 \leq s_i(t) \leq 1$ forgalomsűrűséget ($i=1, \dots, m$).
- A közlekedési modell: ún. „makroszkopikus” modell.
- A matematikai modell: nemlineáris, nem autonóm differenciálegyenlet-rendszer.

4.4. A légiforgalmi modellezés területén alkalmazott hálózati modell tudományos eredményeinek összefoglalása

A légi tervezésnél a késések minimalizálásának elérésére statikus útvonal paramétereket használnak irányításra pl. [Arneson and Langbort, 2009].

A szektorok közötti kapcsolatot feltételekkel felírt gráffal adják meg, pl. az 1. ábrán szereplő rendszerre: $O_1 = \{1,3,4\}$, $O_2 = \{2,3,4\}$, $O_3 = 0$, $O_4=0$. A légi járművek sebessége állandó.

1. ábra: A légtérhálózat, amelyet a gráffal leírt alkalmazási példában használnak (egy hasáb)



A modell az alábbi koncepcióra épül:

- Az $0 \leq x_i(t)$ állapotjellemző, az i -ik szektorban tartózkodó repülőgépek számát jelöli.
- A közlekedési modell makroszkopikus modell.
- A modellezés tárgya egy lineáris, pozitív, konzer-

vatív rendszer. A hálózaton állandó sebességgel és β_{ij} szétosztási tényezőkkel áramlik az „anyag”. Az anyagot a légi járművek (repülőgépek) tesztelik meg.

- A matematikai modell: lineáris időinvariáns, homogén differenciálegyenlet-rendszer.
- Vannak olyan szakaszok, (szektorok) amelyeknél „visszaáramlást” is feltételeznek.
- A vizsgált folyamatnál adott kezdeti értékű állapotjellemzők mellett, konstans sebességű áramlással, β_{ij} szétosztási tényezőket figyelembe véve „kifolyik a hálózathoz az anyag”, tehát az összes repülőgép végül leszáll a reptereken.

Optimalizációs célok:

- A teljes késedelem minimalizálása, azaz a megfelelő β_{ij} szabályozó paraméterek megválasztásával a legrövidebb idő alatt történjen meg a repülőgépek leszállása.
- Teljes késedelem minimalizálása további késedelem megszorításokkal: pl. egyes β_{ij} -re vonatkozó kényszerek ($\beta_{ij} < c_{ij}$) vagy pl. $\int_0^\infty x_i(t) dt < \gamma_i$ feltétel teljesülése.
- Teljes késedelem minimalizálása, kapacitás megszorítás mellett, pl. $x(t) \leq b$, „ $t \geq 0$ ”.

5. AZ ÚJ LÉGFORGALMI MODELL MEGHATÁROZÁSA

Jól látható, hogy a közúti hálózatok rendkívül bonyolultak a légiforgalmi hálózatokhoz képest. A bemutatottak alapján viszont sikerült meghatározni ezen bonyolult közúti hálózatokra is egy olyan univerzális modellt, amely megfelelően átkonfigurálható, egyszerűsíthető és egy új hatékony eszközzé alakítható a légiforgalmi modellezés területén is. Ugyanakkor természetesen mindezek során, a légi forgalom rendelkezik olyan specialitásokkal is, amelyeket szintén figyelembe kell venni.

Ezek az alábbiak:

- A légi jármű térközökkel tölti ki a szakaszt, tehát modellbeli hossza a valós hosszánál jóval nagyobb. Ez a hossz a járműhossz és az előtte és utána meglévő térközök összege.
- A légi jármű sebessége igen csekély mértékben függ a járműsűrűségtől, inkább az adott időpontban fellépő külső tényezőktől függ, de ezektől is kis mértékben. Tehát a sebességét konstansnak, ill. erre rászuperponálódó, időtől függő perturbáció függvényekkel írhatjuk le.
- Belső automatizmus függvényeknél ugyanúgy igaz, mint a közúti hálózatoknál, hogy nem vehetünk el anyagot arról a szakasról, amelyen

nincs, tehát $E(x)$ alkalmazása megmarad. Az $S(x)$ vizsgálat is megmarad, azonban légi jármű nem maradhat egy szakaszon addig, amíg az előtte levő sűrűsége 1 alá nem csökken. Ilyen esetben a légi útvonal adott szakaszának modellben kialakított valamely párjára kell irányítani a légi járművet, tehát az anyagáramot. Ez azt jelenti, hogy a forgalmat leíró alap gráfnak szükséges számú másolatát is létre kell hozni a modellben, és a kapcsolati pontoknál torlódás esetén nem az alap gráfon fut tovább az átadás, hanem valamelyik másolatán, viszont a következő kapcsolati pontnál, ha ez lehetséges visszaadódik az átadás az alap gráfra. Valójában a modell az alap gráf és másolatai együtteséből áll. Ez megfelel annak a valóságos helyzetnek, ahogy a légiforgalmi irányítás a gyakorlatban történik. Előfordul ugyanis, hogy két, egymáshoz közel haladó, ugyanazt az útvonalat követő légi jármű ugyanazon a magasságon szeretne utazni. Ilyenkor a légiforgalmi irányító, aki szeretné tartani az előírt elkülönítést, elsődlegesen repülési magasság változtatást ajánl fel. Ha sikerül megegyezni, – ami általában sikerül –, akkor nincs szükség sebességváltoztatásra. Ha a többi repülési szint, ill. magasság is zsúfolt, akkor szóba jöhet az, hogy megkéri a személyzeteket, tartsanak egy meghatározott sebességet. Ha például a normál utazó sebesség 0,78 Mach, akkor az elől haladó repülőgépnak az irányító azt mondja: – Haladj 0,78 Mach-hal vagy többel! A hátul haladónak: –Haladj 0,78 Mach-hal vagy kevesebbel! Ha az irányító szeretné az elkülönítést megnövelni, akkor kérhet sebességcsökkenést vagy növelést, de ez szinte minden esetben maximum 0,02 Mach-hal tér el az optimumtól, ami mindössze 2,6%-ot jelent a sebesség változásában. Ennél többet nem szoktak kérni. (Az optimális sebességet leginkább a repülőgép típusa, tömege és a Cost Index befolyásolja. Értékét a pilóta közli az irányítóval.) Az összes budapesti járatnak körülbelül a fele közlekedik zsúfolt, nagy gépsűrűségű légtérben (Pl. Rhein, Maastricht, Langen, London FIR). A pilóták tapasztalata szerint, kb. az összes járat 5-10%-ánál fordul elő, hogy az irányító valamilyen sebességtartást kér az útvonalon. Természetesen a megközelítéskor ez már jóval gyakoribb.

- Anyagáram szétosztás és intenzitás függvény, az előbbi figyelembe véve ugyanúgy működik, mint a közúti modellnél.
- Átadásnál zavarás, ill. rásegítés szintén működhet, értékhatárait viszont meg kell vizsgálni.
- Hagyományos értelemben vett lámpajel nincs, viszont a légiforgalmi irányítás ezt oly módon

használhatja, hogy az $S(x)$ vizsgálattal összekötve, a szakasz modellben kialakított valamely párjára történhet általa az irányítás.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott munka új légiforgalmi modell meghatározását szolgálta. Megmutattuk, hogy a bonyolult közúti hálózatokra kidolgozott új modell [Péter T., 2008], átkonfigurálható a légiforgalmi modellekre is. Létezik tehát egy olyan univerzális hálózati modell, amely egy új hatékony eszköz nem csak a közúti hálózatokra, hanem a légiforgalmi hálózatok modellezése területén is, és rendelkezik mindazokkal a specialitásokkal, amelyeket a légi forgalomnál figyelembe kell venni.

A modellel a légiforgalmi hálózat dinamikus működése vizsgálható, közelebbről a hálózatfejlesztés és irányítás azon alapkérdései, hogy egy meglévő vagy fejlesztendő hálózaton milyen folyamatok zajlanak le. Rámutattunk arra, hogy a hagyományos modellezési szemlélet alkalmazása igen sok megválaszolatlan kérdést vet fel, és állandóan méretproblémákkal küzd. Nehezítette a helyzetet, hogy a közlekedési hálózat rendkívül bonyolult, sokféle szabály, geometriai adat, szezonális, stb. jellemzi. A kutatás célja az volt, hogy rámutassunk arra, hogy a hagyományos térkép-gráf szemlélet helyett egy új modell kidolgozása vált lehetővé, amely matematikai területen a pozitív nemlineáris rendszerek elméletéhez vezet. Általa elérhető a nagyméretű hálózati problémák megoldása és új irányítási lehetőségek alkalmazása (a Ljapunov függvényt alkalmazó irányítási elv és optimalás megvalósítható). Ezek révén pl. olyan vizsgálatok végezhetőek el, hogy megfelel-e az adott hálózat jelenleg, ill. a fejlesztéseket követően a fenntartható fejlődés kritériumainak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatásokat az OTKA CNK 78168 pályázat támogatta.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A kutatásokhoz szakképzési hozzájárulási támogatást nyújtott a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat ZRt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. [Szabó K., Szabó G., és Renner P., 2009.] Szabó Krisztián, Szabó Géza, dr. Renner Péter: Emberi hibamodellezés alkalmazása a légi közlekedési kockázatelemzésekben. Közlekedéstudományi szemle. Közlekedéstudományi Szemle LX. (2009/5). pp. 29-36. ISSN 0023 4362.
2. [Bertsimas and Patterson, 1998] Bertsimas, D. and Patterson, S.S. (1998) The air traffic flow management problem with enroute capacities. Operations Research, 46(3), 406 – 422.
3. [Krozel et al, 2006] Krozel, J., Jakobovits, R., and Penny, S. (2006). An algorithmic approach for airspace flow programs. Air Traffic Control Quarterly, 14(3), 203-229.
4. [Bastin, 1999] Bastin, G. (1999) Stability and Stabilization of Nonlinear Systems, volume 246 of Lecture Notes in Control and Information Sciences. Chapter Issues in Modeling and Control of Mass-balanced Systems 53-74 Springer Verlag Ben-Tal.
5. [Cantoni et al, 2007] Cantoni, M., Weyer, E., Li, Y., Ooi, S K., Mareels, I., and Ryan, M (2007). Control of large-scale irrigation networks. Proceedings of the IEEE, 95(1), 75-91.
6. [Fu et al, 2006] Fu, Y., Wang, H., Lu, C., and Chandra, R S. (2006) Distributed utilization control for realtime clusters with load balancing Proceedings of the 27th IEEE International Real-Time Systems Symposium.
7. [Menon et al, 2004] Menon, P.K., Sweriduk, G.D., and Bilimoria, K.D. (2004). New approach for modeling, analysis, and control of air traffic flow Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 27(5), 737 – 744.
8. [Le Ny and Balakrishnan, 2009] Le Ny, J. and Balakrishnan, H. (2009) Distributed feedback control for an Eulerian model of the National Airspace System. Accepted for presentation at American Control Conference.
9. [Arneson and Langbort, 2009] Heather Arneson, Cédric Langbort Linear Programming Based Routing Design for a Class of Positive Systems with integral and Capacity Constraints. Proceedings of the 1st IFAC Workshop on Estimation and Control of Networked Systems, Venice, Italy, September 24-26, 2009
10. [Lighthill and Whitham, 1955] Lighthill, M. J. and Whitham, G. B. (1955). On kinetic waves. I: Flood movement in long rivers. II: A theory of traffic flow on long crowded roads. Proceedings Royal Society, London, A229, pp. 281-345.
11. [Ashton, 1966] Ashton, W. D. (1966), The Theory of Road Traffic Flow, Methuen and CO LTD, London.
12. [Greenshields, 1934] Greenshields, B.D.: A study of traffic capacity. Proceedings of the highway Research Board, Proc. Vol. 14. pp. 448-477. 1934.
13. [Greenberg, 1959] Greenberg, H.: „An Analysis of Traffic Flow”, Operations Research, Vol.7, pp.79-85, 1959.
14. [Luenberger, 1979] Luenberger, D.: Introduction to Dynamics Systems, Wiley, New York, 1979
15. [Varga, 2007] Varga I.: „Közúti folyamatok paramétereinek modell alapú becslése és forgalomfüggő irányítása”, PhD Értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.
16. [Caccetta and Rumchev, 2000] Caccetta, L., Rumchev, V.: A survey of reachability and controllability for positive linear systems, Annals of Operations Research, vol. 98, pp 101-122, 2000.
17. [Farina, L. and Rinaldi, S. (2000)] Farina, L. and Rinaldi, S.: Positive Linear Systems Theory and Applications. John Wiley & Sons, Inc.
18. [Bacciotti, 1983] Bacciotti, A.: On the positive orthant controllability of two-dimensional bilinear systems, Sys. Control Lett., 3: 53-55, 1983.
19. [Coxson and Shapiro, 1987] Coxson, P.G., Shapiro, H.: Positive input reachability and controllability of positive systems, Linear Algebra and its Applications 94 (1987) 35-53.
20. [Valcher, 1996] Valcher, M.E.: Controllability and reachability criteria for discrete-time positive systems, International Journal of Control 65(3) (1996) 511-536.
21. [Boothby, 1982] Boothby, W. M.: Some comments on positive orthant controllability of bilinear systems, SIAM J. Control Optim., 20: 634-644, 1982.
22. [Sachkov, 1997] Sachkov, Y. L.: On positive orthant controllability of bilinear systems in small codimensions, SIAM J. Control Opt., 35: 29-35, 1997.
23. [Péter és Bokor, 2007] Dr. Péter Tamás- Dr. Bokor József : „Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok nemlineáris modelljének kapcsolati hipermátrixa” A jövő járműve, 1-2. Bp. 2007. pp 16-21.
24. [Péter, 2007.1] Dr. Péter Tamás: Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése, Közlekedéstudományi szemle, 9. 2007. Szept. LVII. Évf. pp. 322- 331.
25. [Péter, 2007.2] Dr. Péter Tamás: Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise. MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés”

- Konferencia, 2007. szeptember 4-5-6 Budapest, BMF <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>

26. [Péter T., 2005] Péter T.: Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp.2005. pp.1-465. Magyar Mérnökakadémia Symposium.

27. [Péter és Bokor, 2006] Dr. Péter Tamás - Dr. Bokor József: „Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása” A jövő járműve,1-2. Bp. 2006. pp19-23.

28. [Péter T., 2008] Péter T.: Tetszőleges méretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok modellezése speciális hálózati gráffal, amelyben a gráf csúcsai általánosított szakaszok, a gráf élei a csúcsok közötti kooperálót leíró dinamikus relációk. A jövő járműve, III:(3-4) 26-29 (2008).

29. [Péter T., 2011.1] Dr. Péter Tamás: Csomópontok optimális működtetése közúti közlekedési hálózatban, a matematikai modell tárgyalása. Közlekedéstudományi Szemle LX. évfolyam:(1.) pp. 27-33. Paper Közúti közlekedés. (2011).

30. [Péter T., 2011.2] Dr. Péter Tamás: Csomópontok optimális működtetése közúti közlekedési hálózatban, a számítási eredmények vizsgálata. Közlekedéstudományi Szemle LX. évfolyam:(2) pp. 4-14. Paper 1. (2011).

31. [Péter T., 2009] Péter T.: Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, célok, kutatási területek és eredmények. A jövő járműve, IV:(1-2) 59-78 (2009).

32. [Péter, T., Bokor, J., 2010.] Péter, T., Bokor, J.: Modeling road traffic networks for control. Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8).

33. [Péter, T., Bokor, J., 2011.] T. Peter, J. Bokor: New road traffic networks models for control, GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176_2010-2283_1.2.65 February 2011.

34. [Péter T., 2011.3] Dr. Péter Tamás: A globális közúti hálózati modell és alkalmazása az intelligens hálózatok létrehozásánál, a BME kutatóegyetemi programjában Budapest, IFFK 2011. aug.29-31. Paper 03, pp.8-19.

35. [Peter T., Fülep T., Bede Zs., 2011] Peter T., Fülep T.,Bede Zs.: The application of a new principled optimal control for the dynamic change of the road network graph structure and the analysis of risk factors, 13th EAEC European Automotive Congress 13th-16th June 2011. Valencia – SPAIN



New network model for the analysis of large air-traffic control systems

In the area of air-traffic control the fact that often maximum pressures are put on the air space can present a significant challenge. As well as the obvious dangers caused, significant additional costs can result from inadequate air-traffic control system efficiency. The article provides a new network model for the analysis of large air-traffic control systems, which can deliver new possibilities to the field of traffic control. It gives an overview of the associated macro-modelling techniques and also the use of positive system classes.

Neues Netzmodell für die Untersuchung von grossen Luftverkehrsnetzen

Es ist eine grosse Herausforderung für die Luftverkehrskontrolle, dass die einzelnen Luftraum-Regionen mit maximalen Leistungen belastet werden. Neben den dadurch entstandenen Gefahrenquellen ist es auch ein Problem, dass die unzureichende Effektivität des Verkehrsflusses im Luftraum erhebliche Zusatzkosten verursacht. Im Artikel wird ein neues Netzmodell für die Untersuchung von Luftverkehrsnetzen dargestellt, das auch für die Kontrolle neue Möglichkeiten anbietet. Es wird ein Überblick der anknüpfenden makroskopischen Modellierungstechnik und der Anwendung der Kategorie positiver Systeme gegeben.

Oktatási és kutatási célra egyaránt alkalmas közúti járműszimulátor fejlesztése a Műegyetemen

A BME Közlekedés és Járműmérnöki Kara a Jármű, Közlekedés és Logisztika kutatóegyetemi program keretében az Audi Hungária Motor Kft. által a Kar rendelkezésére bocsátott Audi TT Coupé tesztjárműre alapozva egy oktatási és kutatási célokra egyaránt alkalmas járműszimulátor rendszert fejlesztett ki. A cikkben a fejlesztés eredményeként létrejött rendszer felépítése, komponensei és működési üzemmódjai kerülnek bemutatásra.

**Dr. Szalay Zsolt – Dr. Gáspár Péter
– Kánya Zoltán – Nagy Dávid**

e-mail: zsolt.szalay@auto.bme.hu,
gaspar@sztaki.hu, zoltan.kanya@inventure.hu,
nagy.david@gmail.com

1. BEVEZETŐ

A BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kara az Audi Hungária Motor Kft. által a Kar rendelkezésére bocsátott Audi TT Coupé tesztjárműre alapozva egy, hazai környezetben újdonságnak számító járműszimulátor rendszert fejlesztett ki. A fejlesztés a Jármű, Közlekedés és Logisztika (JKL) kutatóegyetemi program egyik kiemelt kutatási projektje keretében valósult meg. A rendszer különlegessége, hogy egyetlen kapcsolóval átváltható a szimulátor üzemmód és a teljes értékű közúti jármű között.

Oktatási szempontból egy olyan járműszimulátor kialakítása volt a cél, amely élethűen modellezi a járművezetés élményét miközben magas műszaki színvonalon teszi lehetővé a járműirányítás oktatását. A szimulátort az egyetemi oktatásban minden járműmérnök hallgató használni fogja, lehetővé téve számukra a korszerű járművek működésének alapos megismerését, ezáltal növelve a jövő mérnökgenerációjának szakmai tudását és hozzáértését. Nem titokolt szándék a hallgatók motiválása, mivel egy ilyen környezetben sokkal lelkesebben tanulják meg a modell alapú fejlesztés lépéseit, mintha csak a számítógép monitora előtt ülnének. Ezen

túlmenően a berendezés olyan új járműkutatások lehetőségét vetíti előre, amelyek további jelentős tudományos eredményeket indukálnak.

2. A JÁRMŰIRÁNYÍTÁS SZINTJEI

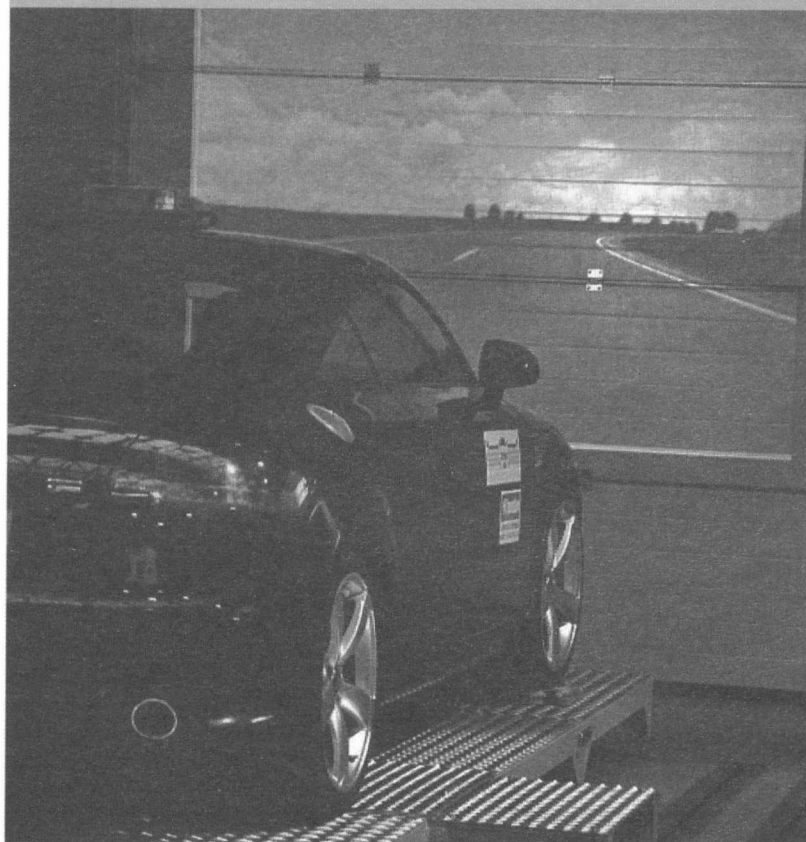
A közúti forgalom növekedésével egyre nagyobb figyelem fordul a járművek hatékony és biztonságos működtetésére, megbízhatóságára, valamint környezetre gyakorolt hatására. Ez egyre szigorodó követelményeket támaszt a járművekkel szemben, amelyek elektronikus rendszerek fejlesztését és alkalmazását igénylik. A kutatás célja komponensekhez, illetve funkciókhoz kapcsolódó olyan szoftverek és eljárások fejlesztése, amelyek járműdinamikai szabályozó rendszerekben alkalmazhatók. A kutatás hosszabb távon kiterjed az autonóm járműirányítási rendszerek fejlesztéséhez szükséges rendszermodellezési, szabályozástechnikai, mechanikai, elektronikai és kommunikációs területeken történő kutatás-fejlesztési feladatokra is [5].

A BME Közlekedésmérnöki Karának kutatási programjához kapcsolódóan a járműirányítás szintjeit Palkovics professzor már 2004-ben definiálta, amelyeket az 1-es ábra szemléltet [1,3,4]. A járműszintű irányítás kutatása a harmadik lépcsőben valósul meg.

3. JÁRMŰSZIMULÁTOR RENDSZER FELÉPÍTÉSE

Eredetileg egy használt személyautó átalakításával terveztük a szimulátor-vezetőfülke létrehozását, azonban az Audi Hungária Motor Kft. támoga-

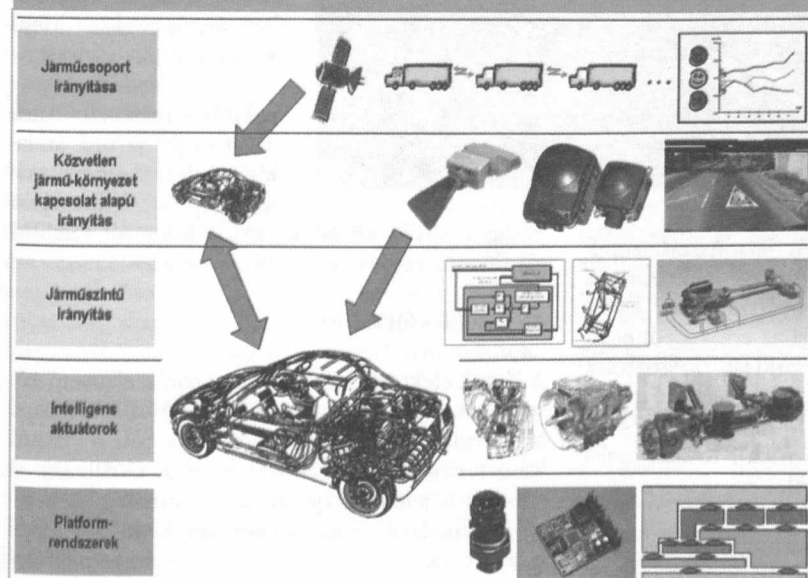
1. ábra: Járműszimulátor rendszer a BME-n
MTI Fotó: Balaton József



tásának köszönhetően egy teljes értékű Audi TT Coupé alapjain alakíthattuk ki a szimulátor-vezetőfülkét. Ily módon azonban külön feladatként jelentkezett a jármű normál üzemképességének megtartása, azaz a szimulátor funkciók olyan megvalósítása, amely nem befolyásolja a jármű hagyományos használhatóságát, önálló mozgásképességét.

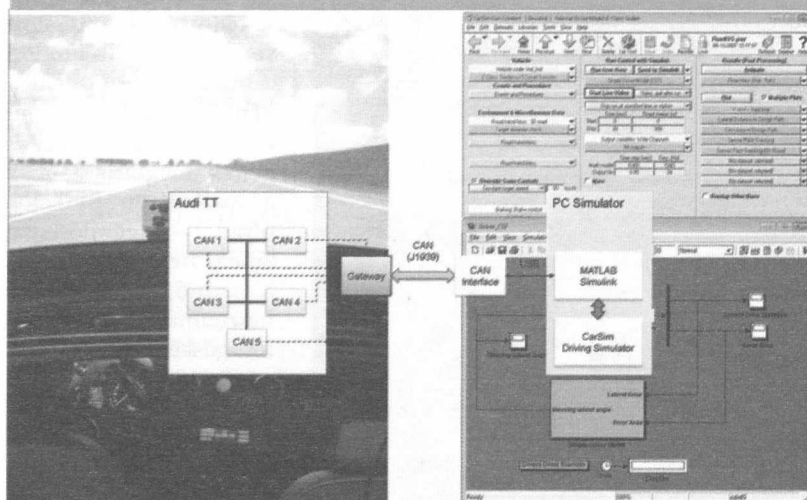
Ezt kizárólag a jármű kommunikációs hálózatának jelentős átalakításával lehetett megoldani úgy, hogy szimulátor üzemmódban a jármű kommunikációs hálózata feletti kontrollt a beépített szimulátoregységek veszik át. Ez lehetővé teszi az álló jármű vezetését a szimulált tesztpályán úgy, hogy a jármű minden fedélzeti egysége pontosan annak megfelelően működjön, mintha valódi úton közlekednénk: van motorhang, a műszerfal kijelzi az „aktuális” fordulatszámot, a sebességet, a hűtővíz hőmérsékletét, és lehet sebességet váltani stb.

2. ábra: A járműirányítás szintjei



Az Audi TT Coupé tesztférfő üzemképességének megtartásával további oktatási és kutatási célok megvalósítására nyílik lehetőség a későbbiekben. A tesztférfő mozgásképeségének megőrzésével valódi tesztpályás mérések is végrehajthatók, amelyek olyan új kutatási projekt lehetőségeket teremte-

3. ábra: A járműszimulátor rendszer blokkvázlata



tartalmazza a gépjármű hajtásláncának, fékrendszerének, kormányrendszerének, kerekének, futóművének nagy bonyolultságú, validált modelljeit, és képes Real-Time Hardware-In-the-Loop szimulációra. A szimuláció során a valós időben érkező bejövő adatok segítségével a CarSim egy szintjén valós idejű animációt készít a járműről és környezetéről, amelyet kivetít a jármű szélvédője elé, ezzel téve teljessé a vezetési élményt.

4. ábra: A járműszimulátor vezérlőpanelje



A járműszimulátor rendszer két részből áll: ú. m. a HMI (Human Machine Interface) funkciókat megvalósító járműből és egy személyi számítógép alapú szimulátor alkalmazásból, melyen a szimuláció fizikai modelljét valósítja meg. A jármű és a szimulátor PC között szabványos – a járműiparban leginkább elterjedt J1939 szabványon alapuló – CAN kommunikáció biztosít kétirányú, valós idejű kapcsolatot.

A HMI interfész az Audi TT Coupé jármű átalakításával, a személyi számítógépes szimuláció

pedig a MATLAB környezetbe integrált CarSIM alkalmazás segítségével valósul meg.

4. VEZÉRLŐPANEL

A jármű elektronikus átalakítása során alapvető követelmény volt a rendelkezésre álló Audi TT Coupé teszjtármű elektronikus rendszereiből a jármű irányításához szükséges szenzorjelek előállítás. A specifikus jelek (gázpedálállás, kormányzög-pozíció, fékpedál-pozíció) kicsatolása kétirányú CAN gateway segítségével, szabványos interfészen keresztül

nek, mint például a modern járműszerkezetek fejlesztése vagy a járműrendszerek elektronikus irányításának kutatása. A járműszimulátor egyes fázisainak kialakítása során ezt az elvet szem előtt tartva olyan skálázható megoldást dolgoztunk ki, amely egy többlépcsős, egymásra épülő rendszerben lehetővé teszi a járműszimulátor egyes funkcióinak kialakítását, a jövőbeli továbblépési lehetőségek korlátozása nélkül.

A járműszimulációs környezet járműdinamikai szoftvereként a CarSim programot használtuk, amely

tül valósult meg. Az alapfunkciókon felül még további berendezések kialakítása is szükségessé vált a rendszer kényelmes és biztonságos működtetéséhez.

A szimulátor járműbe épített vezérlője (Control Panel) CAN gateway áramköröket, hanggenerátort és egy üzemmódvezérlő elektronikát tartalmaz. A vezérlőpanel feladata többek között a műszerfal vezérlésének átvétele is szimulációs üzemmódban, vagyis a műszerfal egység mögötti teljes Audi TT járműelektronikai rendszer szimulációja. A kihívást ebben az jelenti, hogy a műszerfal ne jelezzen ki semmilyen hibát. Az ún. RBS (Residual Bus Simulation) úgy valósul meg, hogy a műszerfal elektronika nem érzékeli a mögötte lévő járművet, hanem csak egy járműszimulátor.

A szimuláció során előállított fontosabb paramétereket a műszerfal valós időben jeleníti meg:

- a jármű sebességét,
- a motorfordulatszámot,
- a hűtőfolyadék hőmérsékletét,
- a váltófokozatot,
- az egyéb hibalámpák, jelzőlámpák állapotát.

A vezérlőpanel további feladata a jármű kezelőszervek szenzoradatainak kicsatolása a szabványos külső CAN adatbuszra. A J1939 interfészen keresztül a PC számára elérhető szenzor adatok az alábbiak:

- a váltófokozat előválasztó kar státusz,
- a fékpedál pozíció,
- a fékpedál státusz (lenyomva / felengedve),
- a kézifék státusz (behúzva / kiengedve),
- a gázpedál pozíció,
- a gázpedál kickdown kapcsoló,
- az akkumulátor feszültség,
- a kormányszög,
- a fordulatszám,
- a járműsebesség,
- a hűtővíz hőmérséklet.

A vezérlőpanel ezen felül megoldja az utólagosan beépített elektronikák galvanikus leválasztását, és azt, hogy – az emberélet és a műszaki értékek védelme érdekében – nem lehet a járművet beindítani a szimulációs üzemmódok egyikében sem. Ez kizárólag alap állapotban (normál módban) valósulhat meg, amikor is az utólagos beépítések hatástalanok.

5. HMI ÜZEMMÓDOK

A járműbe épített szimulátor vezérlőpanel üzemmódválasztó kapcsolójának segítségével az alább felsorolt funkciók érhetők el a járműszimulátoron.

Normál mód

Ebben az üzemmódban a jármű úgy működik, mint egy hagyományos közúti jármű, tehát az utólag beépített eszközöknek semmilyen hatása nincs a jármű üzemszerű működésére. A jármű esetleges mozgatásához, illetve a tesztpályán tesztjárműként történő használatához ez a funkció elengedhetetlenül szükséges. A vészgomb bármely szimulációs üzemmódban való megnyomásával a rendszer ebbe az alapállapotba kerül.

Szenzor teszt üzemmód

A szimuláció szempontjából fontos a járműbe épített érzékelők használhatóságát ellenőrző funkció. Segítségével a kormányszög helyzet, a fékpedál pozíció, a gázpedál pozíció és a sebességváltó előválasztó kar érzékelőinek működését lehet tesztelni úgy, hogy az egyes szenzorok jelei a műszerfalon jelennek meg.

Demonstrációs üzemmód

A rendszerbe épített utólagos elektronikák PC, illetve járművezető nélkül demonstrálják az általuk megvalósítható funkciókat (fordulatszám-változás demonstrációja a kijelzőn, motorhang, gyorsítás, sebességváltás, stb.)

Autonóm szimulációs üzemmód

A járműbe szerelt utólagos elektronikák önállóan valósítanak meg egy egyszerű szimulációt, mely során a pedálok és a sebességváltó előválasztó kar jeleket felhasználva állítjuk elő a műszerfal által kijelzett sebesség- és fordulatszámértékeket demonstrációs célból. Az autonóm szimulációs üzemmód egy beágyazott rendszeren implementált egyszerűsített modellel teszi lehetővé a járműszimulátor vezetésének élményét, amely az alábbiakat tartalmazza:

- egyszerűsített motor modell,
- egyszerűsített automata sebességváltó modell,
- egyszerűsített fékrendszer modell.

Megvalósításra került továbbá a szimulált fordulatszámnak megfelelő motorhang generálása, ahol az elektronika hangkimenete a jármű eredeti audio rendszerével van összekötve, így a gyári Bose hangrendszeren keresztül élvezhetjük a szimulált motorhang élményét.

PC szimuláció mód

Az adatcsere folyamatos a szimulátor PC és a járműbe utólagosan beszerelt szimulátor vezérlőpanel között. A PC megkapja a szükséges alapjeleket, míg a jármű műszerfalának kijelzőire a PC által előállított szimulált értékek kerülnek. A

5. ábra: A műszerfal laboratóriumi RBS tesztje



PC-re kicsatolt jelek az alábbiak:

- Kormányoszög jel: a kormány forgásának mértékét mutatja radiánban. Előjeles érték, abszolút szögelfordulást mutat.
- Gázpedálállás: a gázpedál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.
- Fékpedálállás: a fékpedál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.
- Sebességváltó aktuális pozíció: Az automata sebességváltó előválasztó karának aktuális pozíciója (manuális fokozatok, automata/sport üzemmód).
- Kézfék állapot: a kézfék aktuális állapota (behúzott, kiengedett).
- Gázpedál kickdown állapot: a gázpedál ún. kickdown (padlógáz) állapota.
- Gyújtás állapot/feszültség szint: a gyújtáskapcsoló aktuális állását, valamint az akkumulátor feszültségét tartalmazza.

A rendszer a kicsatolt jeleket folyamatosan, késedelem nélkül továbbküldi. A fontosabb szenzoradatok 50-100 ms-os gyakorisággal frissülnek. Mivel a rendszer valós idejű (real-time) és kétirányú kommunikációra alkalmas, így a PC-től a vezérlőpanelen keresztül visszairányú információkat is lehet küldeni a jármű irányába. Ebben az esetben a jármű műszerfala a PC-ről érkező szimulált adatoknak megfelelő értékeket kijelzi. Eszerint a HMI által kicsatolt alapjeleknek (gáz, fék, váltófokozat, kormányoszög) megfelelően a PC-n futó járműmodell kimeneti jelei (sebesség, fordulatszám) visszavezethetők a jármű

műszerfalegységére, így fokozva a virtuális vezetési élményt. A szimulációs szoftver segítségével előállított válaszjelek a jármű számára:

- járműsebesség: a jármű – a PC-s modell által előállított – aktuális sebessége.
- motorfordulatszám: a jármű motorjának aktuális fordulatszáma.
- hűtővíz hőmérséklet, üzemanyag tankszint, kilométeróra-állás, idő, visszajelző lámpák állapota, stb.

PC szimuláció üzemmódban a CarSim által generált motorhang, illetve

kerékcsikorgás hangok kerülnek bevezetésre a jármű audio rendszerébe, ezáltal még élethűbb hangokat élvezhetünk ebben az üzemmódban.

6. JÁRMŰDINAMIKAI SZOFTVER

A járműszimulációs környezet járműdinamikai szoftvere a CarSim, amely a személygépjárművekkel kapcsolatos szimulációk elvégzését biztosítja. A program adatbázisa különféle járműtípusok paramétereit tartalmazza, egészen a kisebb méretű és tömegű, kétajtós személygépkocsiktól a kishaszon- és kisebb katonai gépjárművekig. A program különböző kiegészítőkkel bővíthető, mint például a rugalmas kocsiváz modellezése, vontatmányok modellezése és irányítása vagy az AutoBox használatához alkalmazható dSPACE szoftver csomag. A BME Közlekedésmérnöki Karán épült szimulációs környezet az alap CarSim mellett a Driving Simulatort alkalmazza. A kiépített rendszerben a CarSim az Audi TT kormányoszög jeladó és főfékhenger-nyomás jeladó átalakított jeleit kapja meg a jármű CAN kommunikációs hálózatról. Ezen jelek fogadásához és feldolgozásához az alkalmazott PC egy CAN kártyával rendelkezik. A CarSim program a beállított Audi TT Coupé járműparaméterek, közlekedési környezet, időjárási paraméterek alapján egy több fájlból álló csomagot készít. A szimuláció a valós időben érkező és a CarSim-től kapott adatok birtokában történik, miközben a CarSim egy valós idejű animációt is elkészít. A CarSim-hez ugyan-

6. ábra: A szimulátorban teljes a járművezetési élmény



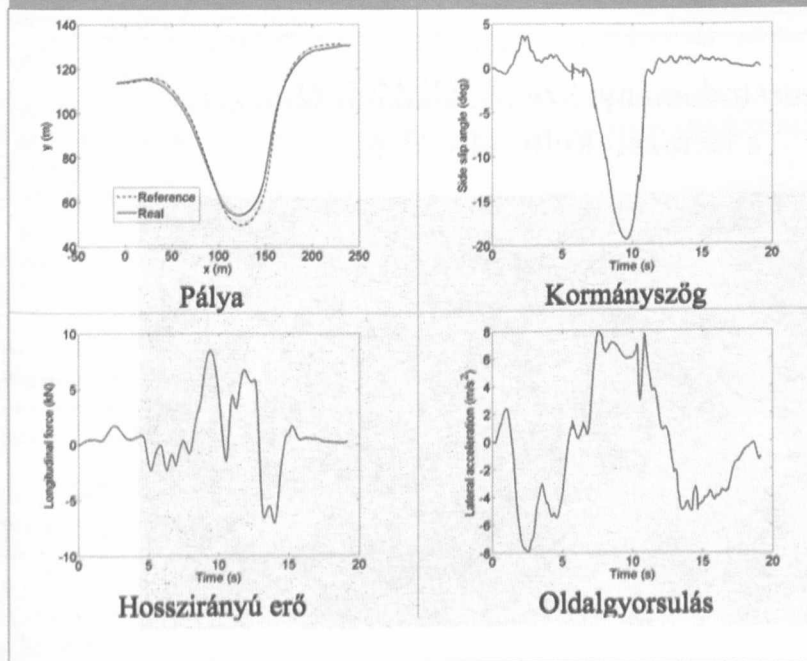
akkor Matlab/Simulink szoftver is kapcsolható, amely lehetővé teszi, hogy a bejövő mért jelek alapján különféle járműdinamikai szabályozók kerülhessenek kipróbálásra.

A 7. ábrán egy kanyarodási manőver során szimulált időtartományi függvényekre mutatunk példát.

7. KONKLÚZIÓ

A BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán elkészített jármű-szimulátor mindazon funkciókkal rendelkezik, amelyek a kutatási és oktatási tevékenységeket egyaránt lehetővé teszik. A szimulátorral megvalósítható a jármű hajtáslánc elemeinek fejlesztése, sőt távlati célként a jármű autonóm, akár vezető nélküli irányítása is.

7. ábra: Járműmanőver időtartományi függvényei



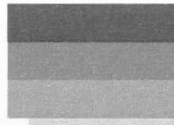
KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

A jármű-szimulátor rendszer fejlesztése az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében történt (TÁMOP-4.2.1/B-09/KMR-2010-0002).



Development of a road vehicle simulator for educational and research use equally in the Budapest University of Technology and Economics

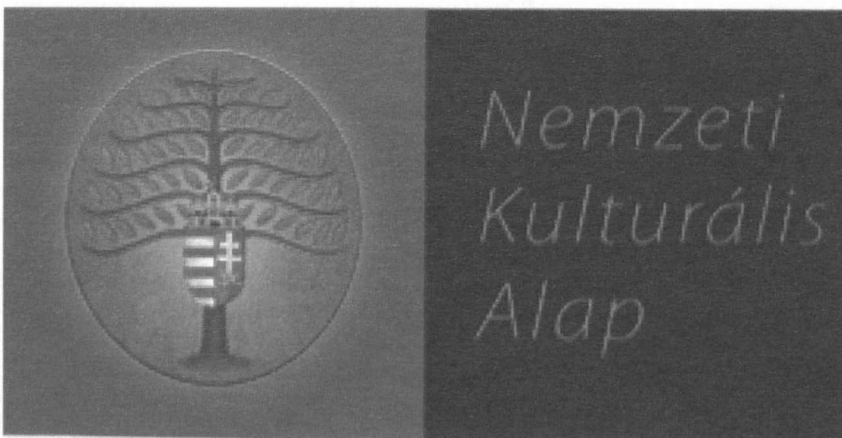
The faculty of Transportation and Vehicle Engineering at the Budapest University of Technology and Economics has developed a simulator system which is based on a real car, which is equally suitable for educational and research purposes. All the vehicle engineer students use the simulator system during their curriculum, enabling the thorough understanding of modern vehicle functions, thus improving the competence of future generations of engineers. Moreover the simulator system projects ahead the opportunity of new vehicle research that induces additional considerable scientific results.



Entwicklung eines für Lehr- und Forschungszwecken gleichermaßen geeigneten Strassenfahrzeug-Simulators an der Technischen Universität Budapest

Die Fakultät für Verkehrs- und Fahrzeugtechnik der Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität Budapest hat im Rahmen des Forschungsprogramms „Fahrzeug, Verkehr und Logistik“ ein sowohl zu Lehr- als auch zu Forschungszwecken geeignetes Fahrzeug-Simulator System entwickelt. Das System basiert sich auf ein em von der Audi Hungária Motor Kft. zur Vefügung des Lehrstuhls gestellten „echten“ Audi TT Coupé. In dem Artikel werden der Aufbau, die Komponenten und die Betriebsmoden des durch die Entwicklung zustande gekommenen Systems dargestellt.

A Közlekedéstudományi Szemle kiadását támogatja a Nemzeti Kulturális Alap



A 100-éves debreceni villamos

A vidéki nagyvárosaink közösségi közlekedése mindig fontos szerepet játszott a települések fejlődésében, városiasodásában. Egyik nagy jelentőségű esemény volt e téren az 1911. március 16-án megindult debreceni városi villamosforgalom. A megemlékezés annál is indokoltabb, mert a történelmi események kapcsán rövid ismertetést adhatunk a jelenleg is folyó nagyszabású debreceni villamoshálózat fejlesztési projektről.

Varga Károly

e-mail: vargakaroly1936@gmail.com

1. A KEZDETEKTŐL 1920-IG

A Debreceni Helyi vasút (DHV) 1884. október 2-án, a Nagy-hatvan utca – Baromfivásártéri Közúti Vasút (HBV) 1888. október 7-én, míg a Debrecen-Hajdúsámsoni HÉV (DHSV) 1906. július 29-én kezdte meg működését. Debrecenben a városi és az elővárosi közlekedésben a személy- és áruszállítást gőzüzemmel és lóvasúttal bonyolították le.

A debreceni villamasközlekedés megindítása érdekében több műszaki feltételt kellett biztosítani, amelyek közül a fontosabbak:

- a városi áramfejlesztő telep – a szükséges fejlesztések után – 450-550 V feszültségű egyenáramot szolgáltat,
- a meglévő és az új vasútvonalakat villamosítani kellett,
- új motor- és pótkocsik beszerzése vált szükségesé,
- meg kellett teremteni a pálya, a felsővezeték és a járművek karbantartásának feltételeit.

Áramellátás: a Villanygyártól a MÁV Nagyállomás vágányai alatt húzódott a három – pozitív, negatív és tartalék – kábel, és a Petőfi téri DHV székháznál alakították ki a csatlakozási pontot.

A felsővezeték, lehetőség szerint a pálya menti épületek falába elhelyezett kampókra függesztették fel. Ilyen lehetőség híján a belterületen teleszkóp formájú csőszlopokat alkalmaztak, máshol „I 320”-as profilú hengerelt tartókat.

A vonalhálózat kialakítása összetett feladat, mivel a meglévő hálózat (lóvasúti és gőzüzemű) átépítése vált szükségessé, hogy a személyszállítást már villamos meghajtású motor- és pótkocsikkal láthassák el. Ehhez a fővonalat teljesen át kellett építeni. Új vonal létesítésére is sor került, ez a Csapó utcán, az Árpád téren keresztül a Tüzérlaktanya kapujához – a Sámson útig – vezetett. Ekkor a vonalak összes hossza 12,3 km volt.

A város 1910-ben a városi villamosvasút részére az Ispotály-lapason – a Salétrom utcában – egy új telephelyet adott át üzemi célokra. Az itt létesített hatvágányos kocsisín korában modern épület volt, és felszereltségével akár jármű-főjavításokat is elvégeztek.

Az új telephely és a városi vágányhálózat között – a Késes utcában – csak üzemi célokat szolgáló összekötő vágányt építettek.

Debrecenben a villamasközlekedés 1911. március 16-án indult meg. A vasutat teljes egészében személy- és teherforgalomra engedélyezték, azzal, hogy a Dohánygyárhoz vezető vágányon és a Homokkert utcai új vonalon csak teherforgalom lesz. A személyforgalmat villamos, a teherforgalmat gőzerővel kell lebonyolítani, az áramot a város villamosműve szolgáltatja.

A villamosításhoz 30 db motor- és 10 db pótkocsit szereztek be. A motorkocsik mechanikus részét a Magyar Vagon- és Gépgyár Rt. szállította, a villamosberendezést a Siemens-Schuckert, a pótkocsit a Magyar-Belga Gépgyár Rt. (Budapest) gyártotta. A motorkocsik erőforrása Siemens D 54 típusú, segédpólus nélküli, kis teljesítményű (25,8 kW/35 LE) motorok voltak. A járműállomány beszerzésekor még egy üzemi célú – felsővezetéki tornyos – kocsit is vásároltak.

2. 1921-TŐL AZ ÁLLAMOSÍTÁSIG

A viszonylatok gyarapodásával – Debrecenben is – áttértek az arab számokkal való jelölésre. Ekkor a következő viszonylatok voltak: 1. Nagyvállomás – Egyetem – Klinikák – Nagyvállomás körforgalom; 2. Nagyvállomás – Nagyerdei Fürdő; 3. Nagyerdei Fürdő – Gazdasági Akadémia; 4. Városháza – Közvágóhíd; 5. Arany Bika – Baromfivásártér; 6. Arany Bika – Tüzérlaktanya; 12. Nagyvállomás – Gazdasági Akadémia. Debrecenben a jobboldali haladási irányra 1941. június 12-én tértek át.

A vörösréz felsővezeték használatának megszüntetése érdekében – a háború alatt – a teljes hálózaton piskótaszelvényű acél munkavezetékét függesztettek fel.

A járművek – a két háború között – gyakorlatilag alig változtak, kisebb módosításokra, átalakításokra azonban sor került. Így az eredetileg öntöttvas kerekekről csillagkerekekre tértek át, az áramszedőknél pedig a Fischer-féle csúszólapokat alkalmazták. A kocsik oldalával párhuzamos ülések rendkívül zavaró elhelyezései voltak, ezért – hazánkban először – a hosszülések helyett 1942-ben a DHV egyszemélyes, egymással szembefordított keresztüléseket alkalmazott. Így az ülőhelyek száma ugyan csökkent, de a belső tér befogadóképessége jelentősen emelkedett.

A járműállomány az 1920-as években a kezdeti 10 db pótkocsiról 14-re emelkedett. Egy fennmaradt gőzüzemű pótkocsit (111. sz.) nyári kocsira alakították át, ezt őrizi – eredeti formájára visszaalakítva – a budapesti Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum.

A háború alatt a DHV néhány használt járművet vásárolt személyszállításra és üzemi célra a Nagyváradi Városi Vasúttól (NVV) és a BSzKRT-től.

Az 1944. június 2-án Debrecenben végrehajtott amerikai légitámadás a városi közlekedésnek is – anyagiakban és emberéletben – hatalmas károkat okozott. Pótolhatatlan veszteség volt a tíz dolgozó halála.

A szovjet csapatok 1944. október 19-én elfoglalták Debrecen, ezután november 27-én megindult a villamos forgalom a fővonalon, majd két mellékvonalon is. Ekkor a DHV járműállománya 30 motor- és 17 pótkocsi volt, amelyek közül azonban csak néhány jármű volt üzemképes. Az 1945. és 1946. évet az újjáépítés és az állandó áramszünetek jellemezték, a forgalmat teljes mértékben csak 1947-ben sikerült helyreállítani.

A DHV számára a „hátszágot” a Salétrom utcai telephely jelentette, ezért fel kellett újra építeni a háborúban elpusztult műhelyrészeket. Ezután a forgalmi telepen – a teljesen megújított segédműhelyekben – folytatódott a járműpark karbantartási tevékenysége, és ekkor fő feladatuk a sérült járművek helyreállítása volt. Így 1946 és 1948 között 22 db motorkocsit és 8 db pótkocsit újítottak fel, a súlyosan sérült járművek újjáépítése azonban csak 1952. május 1-jére fejeződött be. Ezek a felújítás során már korszerű (biztonságos) acélvázak kocsiszekrényre készültek el.

3. AZ ÁLLAMOSÍTÁSTÓL A JELENKORIG

Mivel a DHV nagyjából külföldi tulajdonban volt, csak 1950. január 1-jén államosították, és vele együtt a Debrecen – Nyírbátor Helyiérdekű Vasút Rt.-t is. A DNyBV-t (Debrecen-Nyírbátor Helyiérdekű Vasúttársaság) ezután a MÁV működtette.

A cég neve 1950. július 15-től Debreceni Villamosvasút Községi Vállalat (DVKV) lett. 1951. július 1-jén, amikor az állami vállalatokra vonatkozó törvény a községi vállalat elnevezést megszüntette, a cég neve Debreceni Villamosvasútra (DVV) módosult. 1957. június 1-jén pedig a Debreceni Közlekedési Vállalat (DKV) nevet vette fel.

Az 1952. év végi nyilvántartás szerint a városi vasút állagába 30 db motorkocsi (24 favázasa, 3 acélváz volt DHV motorkocsi, 3 nagyváradi), 2 db ikerszerelvény, 17 db pótkocsi, 1 db sínzállító és 2 db villamos mozdony volt, azaz összesen 54 db jármű. 1960-ban a DKV járműparkja 6 db pécsi villamaskocsival bővült, amelyeket ikersítve, illetve motorkocsiként állítottak forgalomba.

1954-ben adták át a vállalati székházat a Blaháné utca 2. szám alatt, amellyel egy időben megépült az áramátalakító berendezés is.

A DKV az illetékes minisztérium rendelkezése alapján 1963-tól kezdve a vidéki villamosvasutak főjavítási, korszerűsítési munkáit is végezte, azaz „vidéki főműhely” rangot kapott. A megnövekedett feladatok elvégzéséhez a Keleti sori volt DNyBV műhelyek mellé új műhely épült, amelynek háromvágányos része szerelőcsarnok lett. Mellette kapott helyet az egyvágányos fényezőműhely.

A város vezetésének döntése alapján a mellékvonalakat (2-es vonaltól a 7-esig) 1970 és 1975 között megszüntették, az 1-es fővonalat, amely kétvágányú volt 1967-1977 között teljesen felújították. A pálya rekonstrukciója alkalmával korszerű sínrendszert alkalmaztak, és a felsővezeték is megújult.

A műhelyi, illetve a kocsiszíni szolgálat is kedvezőbb körülmények közé került, és ennek következtében a DKV-1969-től kezdődően – csuklós villamos kocsikat gyártott saját célra és a vidéki villamosvasutak számára. 1968-ban 12 csuklós kocsi befogadóképességű kocsiszín is épült.

A DKV főműhelye – 1970 és 1979 között – a Miskolci Közlekedési Vállalat részére 37 db, a szegediek részére 26 db csuklós villamost készített, így a Debrecennek gyártott kilenc járművel együtt 72 db új kocsit gyártott. 1980-tól hosszú ideig a főműhelyi kapacitás további kihasználását a BKV megrendelése (fővizsga, nagyjavítás, korszerűsítés) jelentették.

1997. július 1-jén a városi közlekedési vállalat neve DKV Debreceni Közlekedési Részvénytársaság lett, 2000. július 1-jétől pedig a Debreceni Vagyonkezelő Rt. Tagvállalataként látja el feladatát.

A műhely a BKV megrendelések megszűnésével ismét kocsiszínként szolgált, és a feladatok a saját járművek karbantartására egyszerűsödtek.

1989 és 2005 között a villamospályát több ütemben átépítették és korszerűsítették. A sétáló utca kialakításakor (2001-ben) pásztorbot alakú, öntöttvas közvilágítási és felsővezeték tartó oszlopokat állítottak fel, ezekre kerültek a rugalmas felfüggesztésű munkavezeték keresztsodronyai. Ekkor készült el a Kossuth téri és a Városháza megálló kivilágított utastájékoztató berendezése is.

1997-ben – Debrecenben – 10 db korszerű, KCSV6-1 típusú, Ganz-Hunslet gyártmányú csuklós villamost helyeztek forgalomba. Az új járművek karbantartása céljából pedig a társaság felújította a Salétrom utcai – 1968-ban épített – kocsiszínt. A felújított műhelyben 2 x 4 villamos tárolására volt lehetőség.

A jeles évforduló alkalmából – Debrecenben – 2011. március 9-10-én konferenciát tartottak „100 éves a debreceni villamos” címmel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Beretvás Károly – Gara Kálmán – Dr. Szűcs Ernő – Dr. Szűcs Ernő Zoltán: A debreceni kötöttpályás közlekedés 120 éve, 1884-2004., Debrecen, 2004.

Debrecen város közösségi közlekedésének története nem lenne teljes, ha a ma is folyamatban lévő nagyszabású fejlesztések tartalmáról nem adnánk tájékoztatást, hiszen ez a munka méltó helyet követel, mint a sikeres 100 év folytatása.

DEBRECEN VÁROSI VILLAMOSHÁLÓZATÁNAK FEJLESZTÉSE (2-ES VONAL)

A nagy közlekedési igényeket generáló területek között (pl. a lakótelepek, egyetemváros, fejlesztési területek és a belváros között) a külön pályán közlekedő villamoshálózati adja azt az optimális megoldást, amely a városi közösségi közlekedési hálózat gerincét képezi. A célok megvalósításának realizálására az Európai Unió által jóváhagyott támogatási szerződésben a teljes projektre (pályaépítés és járműbeszerzés) biztosított összesen 17 569 000 000 forintos beruházási keret terhére 2010. március 11-én Debrecen önkormányzatának és a kivitelező képviselői aláírták a villamospálya és tartozékai építésére vonatkozó vállalkozási szerződést.

A nyílt európai uniós közbeszerzési eljárás nyertes ajánlattevője az ATK-Debrecen Konzorcium (Arcadom Építőipari Zrt., Tóth T. D. Kft. és Kevép Építőipari és Kereskedelmi Kft.). A villamospályaépítés szerződéses ára nettó 7 547 051 200 forint. Ennek 89,72 százaléka támogatás – ebből 76,26 százalék európai uniós, 13,46 százalék hazai kor-

mányzati –, 10,28 százalék pedig az önkormányzati önrész.

A kivitelezés során mintegy 4 kilométernyi, a sínek között burkolt, és 4 kilométernyi nyitott vágány, 250 darab (részben közvilágítási lámpákat is hordozó) felsővezeték-tartó oszlop, 9 kilométernyi felsővezeték, 2 áramátalakító egység, valamint 31 peron épül. Útépítés 25 000 négyzetméteren, járdaépítés 2 000 négyzetméteren történik, közműkiváltásra (csatorna, víz-, gáz-, távfűtési, elektromos, távközlési, forgalomirányítási vezeték) mintegy 9 000 méteres hosszon lesz szükség.

ÚJ REMÍZ A DKV ZRT. TELEPHELYÉN

A beruházás keretében a DKV Debreceni Közlekedési Zrt. Salétrom utcai járműtelepe is átalakul. Az átépítést az ATK Debrecen Konzorcium végzi. A meglévő kocsiszínt, a vágányokat, a kiterőket és a felsővezeték-hálózatot elbontják, s helyettük új kocsiszín, tárolócsarnok, kocsimosó, valamint új vágány- és felsővezeték-hálózat létesül. Mindezek mellett a műhelyépületeket átalakítják és felújítják, a közműveket átépítik.

A telephelyen egy közel 300 m²-es alapterületű új áramátalakító gépház is épül. A munkálatokat azért szükséges elvégezni, hogy a telep megfeleljen a mai kor követelményeinek, illetve alkalmas legyen az új villamosjárművek fogadására és biztonságos üzemeltetésére.

A kivitelezés a közművek áthelyezésével, épületbontással, valamint az új kocsiszín, a tárolócsarnok, a vágány- és felsővezeték-hálózat, illetve az áramátalakító gépház építésével kezdődött és jelenleg is tart. A második ütemben megvalósul a műhelyépületek átépítése és felújítása, valamint a hozzájuk tartozó vágány- és felsővezeték-hálózat kialakítása.

Ezzel a DKV Debreceni Közlekedési Zrt. Salétrom utcai telephelyén a legmodernebb villamosjárműjavítási technológiai rendszer épül ki.

A JÁRMŰVEK

A 18 db új, Urbos típusú villamosjárművet a 2011. július 29-én kihirdetett nyertes ajánlattevő, a Construcciones y Auxiliars de Ferrocarriles S. A. (CAF) (Spanyolország, José-Miguel Iturrioz

26, 20200 Besain, Guipuzcoa) szállítja majd. A 18 darab azonos típusú, új gyártású villamos utasterében egyterű, utastéri állóhelyi alapterületén 100 százalékban alacsony padlómagasságú, normál nyomtávolságú, maximum 32,5 méter hosszú, 2650 milliméter névleges szélességű, teljesen légkondicionált, 600 Volt névleges egyenfeszültséggel működő, kétirányú, közúti csuklós villamos jármű. Egy jármű 221 utas elszállítására alkalmas.

A szerződést 2011. október 11-én kötötte meg Debrecen Megyei Jogú Város Önkormányzata a nyertes pályázó képviselőivel.

A prototípus járműnek 2013 júliusáig kell megérkeznie Debrecenbe. A 18. villamost a szerződéskötés napját követő 840. naptári napon belül, azaz legkésőbb 2014. januárig kell leszállítani, és a 900. napig, azaz 2014. márciusban azt is üzembe kell helyezni.

A projekt megvalósításával, a város északnyugati része (Böszörményi út, Doberdó utca) és a belváros (Piac utca, Nagyállomás) között egy jobb szolgáltatási színvonalú tömegközlekedési kapcsolat jön létre.

1. ábra: Új remíz a DKV Zrt. telephelyén



2. ábra: A 2-es villamos látványterve



The Debrecen tram is 100 years old

The public transport systems of our large country towns always played an important part in their development and urbanification. One of the significant occasions was on March 16, 1911, when the Debrecen tram system opened. The commemoration of this is particularly valid, as in connection with this historical event, we are able to provide a short exposition of the currently ongoing significant Debrecen transport project.

100 Jahre Strassenbahn in Debrecen

Der öffentliche Verkehr in unseren Großstädten hat immer eine grosse Rolle in der Entwicklung und Urbanisierung der Siedlungen gespielt. Es war von grosser Bedeutung wenn am 16. März 1911 die städtische Strassenbahnlinie in Debrecen eröffnet wurde. Die Gedenkfeier ist umso mehr gerechtfertigt, weil an Hand von den historischen Ereignissen können wir eine kurze Beschreibung des grosszügigen Strassenbahnprojekts in Debrecen der Gegenwart geben.

Megjelent az SAE International új könyve Prof. Dr.-Ing. habil. Palocz-Andresen Mihály „Onboard Diagnostics and Measurement for Vehicles on Land, Sea and in the Air” címmel. Warrendale, Pa. 2012. június 21.

(ISBN: 978-0-7680-2078-6. Termék kód: R-410. Köttét kézikönyv. <http://books.sae.org/book-r-410>.)

Az SAE International új könyve a közlekedésben kibocsájtott emisszió közvetlen (OBM) és a közvetett (OBD) úton történő mérésével foglalkozik.

Az „Onboard Diagnostics and Measurement in the Automotive Industry, Shipbuilding and Aircraft Construction” című könyv a gázhalmazállapotú káros anyagok és a CO₂ klímagáz meghatározásának a jelenlegi helyzetét, valamint a füstgáz utókezelő egységek fejlődési irányát mutatja be. A könyv nagy figyelmet szentel a fedélzeti mikrokontrolleres, mikroszenzoros és miroaktuátoros rendszerek jelenlegi és jövőbeli várható technológiai helyzetének.

A szerző főként az Európai Unióban és az Egyesült Államokban alkalmazott módszereket taglalja. Ezek az előírások a közlekedésben kibocsájtott emisszió világméretű csökkentésére nézve is iránymutatóak. A tárgyalás a központi témakört jelentő gépjármű és ezen belül a könnyű és nehéz tehergépkocsigyártáson túl figyelembe veszi a légiforgalomból és a hajózásból származó emissziók csökkentési lehetőségeit is.

„Onboard Diagnostics and Measurements in the Automotive, Shipbuilding and Aircraft Industries” hasznosan alkalmazható a fenti iparágakban alkalmazott technológia, valamint a fenntartható fejlődés, a törvényhozás, a környezet- és a klímavédelem összefüggéseinek az elemzése során.

A nemzetközi törvényhozás folyamatosan szigorítja az emisszió kibocsátásra vonatkozó irányelveket. A kaliforniai törvényhozó szerv, a CARB vezető szerepet játszik nem csupán az USA-ban, hanem az egész világon. A LEV (Low Emission Vehicle), az ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) a SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) irányelvek már a múltban is döntően meghatározták a törvényhozás irányát. 2014 és 2020 között a SULEV 20 tovább szigorítja majd az emissziós határértékeket.

Ezeknek az egyre alacsonyabb átlagértéken mozgó károsanyag koncentrációknak a meghatározása már csak az OBM módszer alkalmazásával lehetséges. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük, hogy a jövőben a SULEV 20 előírásainak a teljesítéséhez előre láthatólag egy közös HC (elégtelen szénhidrogének) és NO (nitrogén-monoxid) szenzor alkalmazására is szükség lesz a fedélzeten.

A könyv egyes fejezetei:

- Onboard Diagnostics (OBD) és Onboard Méréstechnika (OBM) gépjárművekben, hajókon és repülőgépeken
- Nemzetközi összehasonlítás
- Az OBM technika alkalmazási lehetőségei
- A füstgáz jellemzők mérése a katalizátor előtt és után (upstream és downstream)
- A környezetbarát közlekedés módszerei
- A közös OBD/OBM technika alkalmazása a jövő üzemanyagai esetében
- Emissziós méréstechnika a repülőgépipar hajtóműveiben
- Emissziós méréstechnika a hajózásban alkalmazott dízel motorokon
- Az OBD/OBM technika és a környezet- és klímavédelem összefüggései
- A közvetlen emissziós értékek ismeretének a hatása az egyén és a szociális környezet magatartási formáira.

A szerző különös figyelmet szentel a meghibásodások fedélzeti felismerésének a feltételeire. Könyvében rámutat az Európai Közösségben és az Amerikai Egyesült Államokban érvényben levő OBD/TA (Type approval) határértékek különbségeire, amelynek a következtében az USA-ban olyan meghibásodások időbeli felfedése is lehetséges, amelyek az EU-ban még közel sem kerülnek a adott hibajelzés kategóriájához.

Az EU 5 és EU 6 normatívák bevezetése Európában is erősen megszigorítja a kibocsájtható káros anyagok határértékét. Az ellenőrzés hatékonyságának a növelése érdekében az euró-

pai törvényhozás az elmúlt években bevezette a PEMS technológiát, azaz a Portable Emission Measuring System alkalmazását a típus engedélyezés (TA) folyamatában.

Ez a rendkívül hasznos intézkedés azonban még további inntenzív fejlesztési munkát igényel úgy a miniaturizálás, mint az eredmények gyakorlati alkalmazása során. Nem egyértelmű ugyanis, hogy a próbapadokon, laboratóriumi körülmények közt mért emissziós értékek miként vethetők össze a mindennapi gyakorlatban mért emissziós értékekkel, illetve fordítva, a gyakorlatban kibocsátott emissziók, (különböző utazási, környezeti és gépjármű-technikai körülmények közt mérve) miként hasonlíthatók össze a próbapadon, laboratóriumi körülmények közt meghatározott emissziós értékekkel.

Mindezen kérdések megválaszolásában alapvető segítséget nyújt az OBM módszer alkalmazása, annak ellenére, hogy a technológia végleges kifejlesztése során még sok nehézséggel kell megküzdeni. Ilyen követelmény a rendkívül kis méret, az optimális sorozatgyártás, a hosszú élettartam, valamint az alacsony árszínvonal. A technológia rendkívüli előnye azonban, hogy az eredő emissziót közvetlenül és a hígítatlan mintában határozza meg.

A jelenleg alkalmazott diagnosztikai módszerek csupán egy-egy motor vagy gépjármű-, hajó-

vagy repülőgéptechnikai jellemzőt mérnek és hasonlítanak össze egy tárolt görbesereggel. Az OBM technika a valós emissziós értékekkel megbízható módon egészíti ki a diagnosztikus úton mért jellemzőket és akkor is biztos eredményt szolgáltat, ha egyetlen szenzor sem ad le határérték megsértésre vonatkozó jelzést, az eredő emisszió azonban megnövekszik. Ilyen eset akkor léphet fel a gyakorlatban, ha több emissziót befolyásoló technológiai részegység is mutat lassú meghibásodást, amelyek külön-külön ugyan nem érik el a hibaküszöböt, de közös hatásuk az előírt emissziós határérték túllépéséhez vezet.

Az OBM technika a jövőben új utat jelenthet a károsanyag és a klímagáz kibocsátás közvetlen úton történő meghatározása során, és hasznos támasz lehet a típusengedélyezés vagy a későbbi, a használat során végzett emissziós (field monitoring) ellenőrzéseknél. A technika átfogó továbbfejlesztése lehetőséget biztosíthat nem csupán az új technológiáknak, hanem a törvényhozási, ellenőrzési és karbantartási munkálatoknak is, ezzel új utakat és lehetőségeket teremtve a közlekedési ipar számára.

A szerző a Nyugat-magyarországi Egyetem professzora a környezet- és klímavédelem terén. Az előszót Dr. Wolfgang Ruck, a Lüneburgi Leuphana Egyetem professzora írta.

New SAE International Book Details Onboard Diagnostics and Measurement for Vehicles on Land, Sea and in the Air WARRENDALE, Pa., June 21, 2012

A new book from SAE International focuses on direct (OBM) and indirect (OBD) determination of emissions in transportation.

"Onboard Diagnostics and Measurement in the Automotive Industry, Shipbuilding and Aircraft Construction" offers the reader a state-of-the-art report on the recent developments on the determination of emissions and the estimation of concentration of pollutants in the exhaust pipe, using technologies such as intelligent micro

controllers, micro sensors and micro actuators systems on board.

Written by Dr. Palocz-Andresen, guest professor of Sustainable Transportation at Leuphana University in Lüneburg, Germany, the book is especially useful in understanding how the European Union and the United States address the problem of transport-generated emissions. The information goes beyond the more common emissions issues encountered in the automotive arena (including

light duty and heavy commercial vehicles), to expand upon the upcoming and similar concerns derived from air and sea transport.

"Onboard Diagnostics and Measurements in the Automotive, Shipbuilding and Aircraft Industries" is a must-have source of technical information to those studying or working in the areas of transportation technology, sustainability, legislation, environment and climate protection.

"International requirements regarding emissions are continuously increasing. The CARB has a leading role not only in the United States but all on the world," author Michael Palocz-Andresen, said. "LEV, ULEV, SULEV are playing a decisive role in emission protection. And, in the time period of 2014-2022, SULEV 20 will, as well. These measures must be continuously monitored by OBM technology. In addition, future portable emission measuring systems must contain the common hydrocarbon and nitrogen oxide tube on-board," he added.

Chapters include:

- Onboard Diagnostics (OBD) and Onboard Measurement (OBM) in Motor Vehicles
- Road Vehicle Monitoring
- International Comparisons
- State of the Art for Measurement Techniques
- Applications with OBM Devices
- Exhaust Gas Measurement at the Catalyst
- Ecological Driving
- OBD/OBM for Future Fuels
- Measurement of the Emissions in Aviation
- Measurement of the Emissions from Ship's Diesel Engines
- Environmental and Climate Protection
- Changing Social and Individual Behavior Patterns

Dr. Palocz-Andresen studied engineering sciences at Montan University Freiberg in Saxony, Germany. From 1971 to 1978, he was an assistant professor at the same university in the field of combustion processes in large power stations. From 1978 to 1986, Dr. Palocz-Andresen was a researcher at the University of Karlsruhe in Germany, in the fields of adsorption and desorption of odorants and natural gases in soils. He worked on the development of new odorants for the international gas industry with a low adsorption rate and high safety level. Dr. Palocz-Andresen also served as head of the Research and Development Department at the Maihak AG in Hamburg for measuring and application

systems from 1986 to 1992. Between 1993 and 2004, Dr. Palocz-Andresen was director of OBM GmbH, a scientific institute for environmental research, in Hamburg, specializing in micro measurement technology in gas pressure regulation stations, mobile gas analysis of pollution, and the decrease of fuel consumption and exhaust gas emissions in different modes of transportation. Since 1997, he has been a professor for Environmental Measurement Technology at the Technical University in Budapest; and, since 2005 a professor at the University of West Hungary for Environmental and Climate Protection. Between 2005 and 2007, he was director of the West Hungarian Environmental Centre. Since November 2011, he has held the position of a guest professorship for Sustainable Transportation at Leuphana University in Lüneburg.

Book Details

- Published By: SAE International
- Published: July 2012
- Pages: 182
- Binding: Hardbound
- Product Code: R-410

ISBN: 978-0-7680-2078-6

Price: \$76.50 List, \$50.36-\$76.50 SAE Member (This is a special pre-publication price. Once the book is published, the list price will be \$85.00.) For more information, including free front and back matter, or to order "Onboard Diagnostics and Measurements in the Automotive, Shipbuilding and Aircraft Industries," visit: <http://books.sae.org/book-r-410>.

To request an electronic review copy of the book, email pr@sae.org. Forward published reviews to Shawn Andreassi at pr@sae.org or SAE International, 400 Commonwealth Dr., Warrendale PA, 15096-0001, to receive a print copy of the book or another equivalent SAE International book.

SAE International is a global association of more than 133,000 engineers and related technical experts in the aerospace, automotive and commercial-vehicle industries. SAE International's core competencies are life-long learning and voluntary consensus standards development. SAE International's charitable arm is the SAE Foundation, which supports many programs, including A World In Motion® and the Collegiate Design Series.

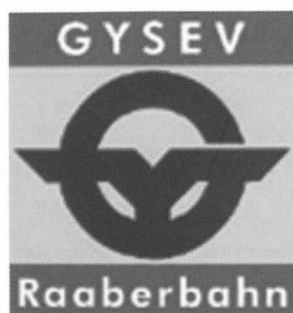
Follow SAE International News on Facebook and Twitter!

Támogatóink



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



ÁLLAMI AUTÓPÁLYA KEZELŐ ZRT.

- Bakony Volán Zrt. • Balaton Volán Zrt.
- Borsod Volán Zrt. • Gemenc Volán Zrt. • Hajdú Volán Zrt.
 - Hatvani Volán Zrt. • Kisalföld Volán Zrt.
 - Kőrös Volán Zrt. • Kunság Volán Zrt. • Mátra Volán Zrt.
 - Nógrád Volán Zrt. • Somló Volán Zrt. • Tisza Volán Zrt.
 - Vasi Volán Zrt. • Vértes Volán Zrt. • Zala Volán Zrt.